

Instituto de Física

UFRJ



PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO DE FINAL DE CURSO

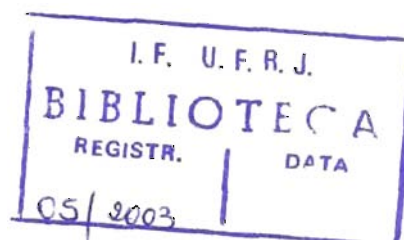
**UMA PROPOSTA DE ENSINO DO
CONCEITO CAMPO MAGNÉTICO
UTILIZANDO APLICAÇÕES DO
COTIDIANO.**

Aluno: João Ricardo Quintal

Orientadora: Wilma Machado Soares Santos

Setembro/2003

05/2003



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS que me deu forças para continuar o curso de física, quando surgiam dificuldades aparentemente insolúveis e logo após agradeço do fundo do coração à minha maravilhosa família que sempre me apoiou nos períodos mais difíceis da minha vida, me cercando de carinho e amor. Um muito obrigado à minha mãe, Maria da Conceição Quintal, a meu pai, João Figueira Quintal e à minha irmã, Vanessa Quintal, além de um abraço saudoso a meu falecido avô José Nascimento.

Agradeço à minha madrinha Zilda e os amigos Joacy Santos Júnior, Charles, Joel, Denilson, Gil, Sérgio, Bárbara Valéria e a todos os amigos que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão do meu curso de física.

Agradeço especialmente à minha orientadora Wilma Machado Soares Santos que sempre acreditou na minha capacidade, sempre me motivando e me ajudando para a conclusão do presente trabalho.

Agradeço aos professores do Curso de Física: Francisco Cordeiro, Lígia F. Moreira, Marcos Gaspar, Marcelo Neves, Ildeu de Castro, Bernard Leshe, Hélio Salim, Adir Moysés, Farina e André Penna, cujos ensinamentos foram o pilar da minha formação, além de me revelarem o verdadeiro sentido da alegria e da satisfação no aprendizado da física.

Agradeço ao professor Arthur Chaves, coordenador da Licenciatura Noturna.

Agradeço à Universidade Federal do Rio de Janeiro pela minha excelente formação acadêmica e a COAA, a DAE e o Alojamento Estudantil pela infra – estrutura oferecida a mim para a conclusão do curso.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta alternativa de apresentar conceitos sobre o tema Magnetismo para os alunos do Ensino Médio. Destina-se também aos alunos do curso de Licenciatura em Física, bem como aos professores de Física do Ensino Médio. O trabalho baseia-se nas recomendações dos PCN e na teoria construtivista da Aprendizagem Significativa.

O conteúdo do trabalho foi elaborado a partir de um levantamento de conhecimentos prévios de alunos do Colégio Impacto, em turmas de oitava série do Ensino Fundamental e da segunda série do Ensino Médio da rede de ensino particular, cujo objetivo principal foi investigar a relevância do tema na vida dos alunos. As sugestões de experiências, exemplos, perguntas e respostas à questões de vestibulares, que estabelecem vínculos entre a teoria e o cotidiano, foram utilizados como organizadores prévios de acordo com as diretrizes da teoria da Aprendizagem Significativa.

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 METODOLOGIA.....	3
2.1 INTRODUÇÃO.....	3
2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E APRENDIZAGEM MECÂNICA.....	4
2.3 APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA E APRENDIZAGEM POR RECEPÇÃO.....	5
2.4 CONDIÇÕES PARA OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	6
2.5 ORIGEM DOS SUBSUNÇORES.....	7
2.6 MEDIDAS A TOMAR QUANDO NÃO EXISTEM SUBSUNÇORES.....	7
2.7 TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	8
2.8 EVIDÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	9
2.9 QUESTIONÁRIO SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	10
2.10 GRÁFICOS DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	11
2.11 ANÁLISE DAS RESPOSTAS PARA A DETERMINAÇÃO DOS SUBSUNÇORES.....	18
3 RESUMO HISTÓRICO.....	19
4 EXPERIÊNCIAS.....	21
4.1 LINHAS MAGNÉTICAS.....	21
4.2 CONSTRUA UMA BÚSSOLA FLUTUANTE.....	25
4.3 AS RELAÇÕES DA ELETRICIDADE COM O MAGNETISMO.....	29
4.4 CONSTRUA UM ELETROÍMÃ.....	33
4.5 MERGULHADOR MÁGICO.....	37
5 TEORIA DO ELETROMAGNETISMO.....	40
5.1 CONCEITOS TEÓRICOS.....	40
5.2 CRIAÇÃO DA BÚSSOLA.....	40
5.3 INSEPARABILIDADE DOS PÓLOS DE UM ÍMÃ.....	42
5.4 CAMPO MAGNÉTICO CRIADO POR CORRENTES ELÉTRICAS.....	42
5.5 CAMPO MAGNÉTICO.....	44
5.6 CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE.....	45
5.7 CAMPO MAGNÉTICO CRIADO POR UM CONDUTOR RETILÍNEO.....	46
5.8 CAMPO MAGNÉTICO CRIADO POR UMA ESPIRA CIRCULAR.....	48
5.9 SOLENÓIDE.....	50

5.10 FORÇA MAGNÉTICA.....	51
5.11 CÁLCULO DO RAIO R DA CIRCUNFERÊNCIA.....	55
5.12 CÁLCULO DO PERÍODO (T).....	55
5.13 FORÇA MAGNÉTICA NUM CONDUTOR RETILÍNEO.....	58
6 CONCLUSÃO.....	61
APÊNDICE A RESOLUÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	61
APÊNDICE B QUESTÕES DE VESTIBULARES.....	62
REFERÊNCIAS.....	70

1 INTRODUÇÃO

As aplicações do magnetismo cercam o cotidiano do nosso tempo. Desde os simples ímãs que se usam para prender bilhetes nas portas das geladeiras, aos processos magnéticos de armazenamento de dados – como, por exemplo, os cartões magnéticos, as fitas cassetes e os disquetes de computadores.

No ramo da medicina temos modernos e sofisticados exames clínicos de ressonância magnética, além de todas essas aplicações, o desenvolvimento dos estudos na área do magnetismo também possibilitaram compreender melhor os processos físicos relacionados aos átomos, moléculas, núcleos atômicos e seus componentes, assim como as partículas e radiações emitidas em reações, com a criação de ciclotrons e poderosos aceleradores de partículas como o do Fermilab (Fermi National Accelerator Laboratory, cuja circunferência é de 6,3 km).

Por outro lado, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs) [1] – Física, recomendam:

[...] As modalidades exclusivamente pré-universitárias e exclusivamente profissionalizantes no Ensino Médio precisam ser superadas, de forma a garantir a pretendida universalidade desse nível de ensino, que igualmente complete quem encerre no Ensino Médio sua formação escolar e quem se dirige a outras etapas de escolarização. Para o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais.

[...] Trata-se, isso sim, de prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam.

O presente trabalho foi norteado pelas recomendações dos Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio e foi aplicado no colégio Impacto (rede particular) na 8ª série do Ensino Fundamental e na 2ª série do Ensino Médio, este levou em conta os conhecimentos prévios dos alunos, através de um questionário que foi aplicado antes e depois da apresentação do conceito de campo magnético. A análise prévia dos dados do questionário antes da aplicação do conteúdo, foi de vital importância, pois as aulas foram voltadas para a modificação dos conceitos iniciais, tornando o aprendizado mais eficaz. Junto com a teoria foram aplicados os procedimentos experimentais apresentados no trabalho, além da discussão de várias aplicações do magnetismo, além disso foram levados para a sala de aula vários equipamentos,

despertador e outros.

A parceria entre a introdução histórica do magnetismo, as experiências, as aplicações na vida moderna e uma ampla coleção de questões de vestibulares, mostraram que os alunos tiveram uma melhoria na aprendizagem, como ilustrado nos gráficos em forma de pizza na seção 2.10.

O capítulo 2 trata da Metodologia aplicada ao presente trabalho, baseado na teoria da aprendizagem significativa desenvolvida por David Ausubel, Joseph Novak e J. Hanescian [2], explicando quais são os elementos de psicologia educacional utilizados no processo de aprendizagem significativa.

O primeiro passo foi a verificação do conhecimento presente do educando com a capacidade de relacionar os seus conhecimentos com os fenômenos cotidianos. Foi aferido por meio de um questionário elaborado de forma que o educando tivesse possibilidade de relacionar seus conhecimentos anteriores sem a necessidade de ter conhecimento formal (sem a apresentação teórica por parte do professor) sobre o assunto.

O momento final foi a submissão do educando a este mesmo questionário após a apresentação formal do assunto. De posse destes dados foi feita a comparação dos resultados visando monitorar a assimilação dos conceitos sobre eletromagnetismo apresentados bem como a capacidade cognitiva do acréscimo destes conhecimentos.

O capítulo 3 apresenta um sucinto histórico da evolução do estudo dos fenômenos magnéticos e sua relação com os fenômenos elétricos.

No capítulo 4 estão descritas as experiências realizadas em sala de aula de forma a fixar os conhecimentos teóricos oferecidos aos educandos. Todas as experiências vêm acompanhadas de um roteiro experimental onde estão descritas os objetivos das experiências, materiais necessários e questões com o intuito de avaliar a fixação dos conhecimentos. De forma a proporcionar a aferição dos resultados pelo próprio aluno é apresentado o gabarito das questões ao final de cada experiência.

O capítulo 5 apresenta os conceitos teóricos necessários ao reconhecimento e compreensão dos fenômenos eletromagnéticos. De forma que o educando seja capaz de qualificar e quantificar os fenômenos a ele apresentados.

O capítulo 6 traz a conclusão final do estudo realizado, sendo avaliados os resultados dos testes aplicados.

No apêndice A resolvemos todas as questões referentes ao questionário de conhecimento prévio e no apêndice B sugerimos algumas questões de vestibulares atuais referentes às experiências e aos tópicos desenvolvidos no trabalho.

2 METODOLOGIA

2.1 - INTRODUÇÃO

Hoje em dia, a física ensinada nas escolas de ensino médio representa para os alunos uma matéria de difícil entendimento, onde muitos deles apenas “decoram” algumas fórmulas com o intuito de tirar uma nota mediana e passar para próxima série, agindo no ano seguinte da mesma maneira, ou seja, não havendo com essa atitude um aprendizado efetivo sobre os conteúdos. A introdução de fitas de vídeos, computadores, resumos, esquemas e experiências na sala de aula, representam um esforço útil para motivar o aluno no seu aprendizado, porém muitas vezes não garantem uma aprendizagem efetiva da matéria lecionada. Foi dentro desse contexto de ensino-aprendizagem que David Ausubel, na década de 60, criou sua teoria sobre aprendizagem significativa, na qual propõe um aprendizado mais eficaz por parte do aluno. De acordo com a sua teoria, a *aprendizagem significativa* é um processo de interação entre elementos presentes na estrutura cognitiva prévia do aluno e o material ou conteúdo de aprendizagem. Essa interação traduz-se em um processo de modificação mútua tanto da estrutura cognitiva inicial como do material que é preciso aprender, constituindo o núcleo da aprendizagem significativa.

De acordo com o próprio Ausubel [2], podemos resumir as suas proposições da seguinte maneira:

“Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Determine isso e ensine-o de acordo.”

No que se refere “aquilo que o aprendiz já sabe”, Ausubel está se referindo à estrutura cognitiva, ou seja, ao conteúdo total e organização das idéias do indivíduo, ou, no contexto da aprendizagem de um determinado assunto, o conteúdo e a organização de suas idéias nessa área particular de conhecimentos. É importante lembrar que a idéia de que “aquilo que o aprendiz já sabe” não é simplesmente a idéia de “pré-requisito” (como, por exemplo, dizermos que Física I e Cálculo I são pré-requisitos de Física II), à idéia se refere a aspectos específicos da estrutura cognitiva que são relevantes para a aprendizagem de uma nova informação.

A determinação dos elementos relevantes presentes na estrutura cognitiva preexistente não é uma tarefa simples, pois significa determinar os conceitos, idéias, proposições disponíveis na mente do indivíduo e suas inter-relações, essa tarefa dificilmente é conseguida através de testes convencionais, aos quais, em sua maioria enfatizam o conhecimento factual e estimulam a memorização. No presente trabalho a determinação desses conceitos preexistentes foram feitos através de um questionário, no qual as perguntas sobre magnetismo foram elaboradas de uma forma ampla e geral, sem que o aluno precise de conhecimentos específicos do assunto, dessa maneira foi possível determinar os conceitos preexistentes na sua estrutura cognitiva e após a identificação dos subsunçores básicos, as aulas foram voltadas, para a partir destes conhecimentos se elaborar o que se deseja ensinar.

2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E APRENDIZAGEM MECÂNICA.

O conceito central da teoria de Ausubel [3] é o de *Aprendizagem Significativa*, sendo este conceito definido como...

“... um processo através do qual uma nova informação se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não literal) a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Isto é, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de “conceito subsunçor ” ou simplesmente “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva de quem aprende.”

O “subsunçor” (do inglês “subsumer”, sem tradução correspondente na língua portuguesa) é um conceito, símbolo, imagem ou idéia já existente na estrutura cognitiva, sendo um ancoradouro para uma nova informação a ser adquirida, atribuindo a essa nova informação significado.

As novas idéias, conceitos, proposições são aprendidas significativamente (e retidos) na medida em que outras idéias, conceitos preposições relevantes sejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo, fazendo com que funcionem como ponto de ancoragem às primeiras.

A aprendizagem significativa caracteriza-se, por uma interação (não uma simples associação) entre aspectos relevantes das estruturas cognitivas e as novas informações através da qual estas adquirem significado e são integradas a estrutura cognitiva de maneira não

arbitrária (de forma não estruturada) e não literal (não formal), contribuindo para a diferenciação, elaboração, estabilidade dos subsunçores preexistentes e, conseqüentemente, da estrutura cognitiva [3].

O processo de armazenamento das informações na mente humana é altamente organizado e hierarquizado conceitualmente na qual os elementos mais específicos de conhecimento são assimilados (ligados) a conceitos, idéias, proposições mais gerais e inclusivas.

A aprendizagem mecânica ou automática é aquela na qual novas informações são aprendidas praticamente sem que exista interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos.

Na física e em outras disciplinas a simples memorização de fórmulas, leis, conceitos são exemplos típicos de aprendizagem mecânica, outro exemplo de aprendizagem mecânica é aquela feita às vésperas de um exame que é utilizada somente para o exame e posteriormente esquecida. Ou ainda o caso em que o aluno afirma ter conhecimento (ter estudado), contudo no momento da verificação de seu conhecimento ele (o aluno) não consegue transferir (comprovar deter) esse conhecimento.

Obviamente, a aprendizagem mecânica não se processa em um “vácuo cognitivo”, pois há de existir algum tipo de associação, contudo, não há uma interação como no caso de uma aprendizagem significativa. Sendo a aprendizagem significativa a mais desejada, existe a facilitação de se obter significação a partir do conhecimento proveniente de um processo de aprendizagem mecânica, na fase inicial da aquisição de um novo corpo de conhecimento.

2.3 APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA E APRENDIZAGEM POR RECEPÇÃO

De acordo com Ausubel [3] a aprendizagem receptiva é quando um material a ser aprendido é apresentado ao aluno de forma final, a teoria já estruturada sistematicamente, enquanto a aprendizagem por descoberta é quando conteúdo é apresentado de forma que o aluno descubra de forma não substantiva o conteúdo a ser aprendido.

Não necessariamente a aprendizagem por descoberta é significativa, assim como, a aprendizagem por recepção não é obrigatoriamente mecânica, o fato de ser significativa ou mecânica se deve ao fato de como a nova informação é armazenada na estrutura cognitiva. Como por exemplo, uma lei física pode ser aprendida significativamente sem que o um aluno tenha que descobri-la. Ele pode receber a lei “pronta” e ser capaz de compreendê-la e utilizá-la significativamente, desde que tenha em sua estrutura cognitiva os subsunçores adequados.

Aliás, o ensino e a aprendizagem seria altamente ineficiente se o aluno tivesse que redescobrir os conteúdos para que a aprendizagem fosse significativa.

2.4 CONDIÇÕES PARA OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Moreira [3] (1978) "...a essência do processo de aprendizagem significativa é que idéias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária à estrutura cognitiva específica relevante (subsunção). Portanto, para a ocorrência da aprendizagem significativa é necessário que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aluno, esse material é classificado como sendo potencialmente significativo. No que se refere à natureza da estrutura cognitiva do aluno, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunções específicos com os quais o novo material é relacionado.

O significado lógico refere-se ao que é inerente a certos tipos de materiais simbólicos em virtude da própria natureza do material, sua utilidade está relacionada de maneira substantiva e não arbitrária, entre o material e as idéias, correspondentemente significativas, situadas no domínio da capacidade humana. O significado psicológico é uma experiência inteiramente idiossincrática (influência de diversos agentes em disposição ao temperamento do indivíduo). Refere-se ao relacionamento substantivo e não arbitrário de material, logicamente significativo a estrutura cognitiva individual do aluno. É o seu relacionamento substantivo e não arbitrário a estrutura cognitiva do aluno que a torna potencialmente significativa para ele, criando a possibilidade de transformar significado lógico em psicológico.

Ressaltando que mesmo sendo um material potencialmente significativo, é necessária a manifestação por parte do aluno de uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva [3].

2.5 ORIGEM DOS SUBSUNÇORES?

A existência de subsunçores relevantes na estrutura cognitiva é um dos pré-requisitos para que o material seja potencialmente significativo. É de se perguntar, então como são adquiridos os subsunçores? A resposta é que a aquisição de significados para signos ou símbolos de conceitos ocorre de maneira gradual idiossincrática em cada indivíduo.

Em crianças pequenas, conceitos são adquiridos principalmente através do processo de formação de conceitos que é um tipo de abordagem por descoberta envolvendo, geração e testagem de hipóteses. Assim como generalizações a partir de instâncias específicas. Porém, ao alcançar a idade escolar a maioria das crianças já possui um conjunto adequado de conceitos que permite a ocorrência da aprendizagem significativa com recepção. Concluímos então que os primeiros subsunçores são adquiridos por formação de conceitos, criando condições para assimilação de conceitos de forma a se estabelecer um processo de interação através do qual conceitos mais relevantes e inclusivos [3].

2.6 MEDIDAS A TOMAR QUANDO NÃO EXISTEM SUBSUNÇORES

Segundo Novak [2] quando não existe subsunçores, a aprendizagem mecânica é necessária para o indivíduo adquirir novas informações em uma área de conhecimento completamente nova para ele. Isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento nessa área, relevantes a novas informações nesta área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. A medida que a aprendizagem começa a se tornar significativa, esses subsunçores vão se tornando cada vez mais elaborados e mais capazes de servir de ancoradouro para novas informações.

Neste trabalho foi utilizado a visão de Ausubel, que propõe o uso dos organizadores prévios que sirvam de ancoradouro para o novo conhecimento e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. De acordo com Ausubel:

Organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados antes do próprio material a ser aprendido, porém em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade desse material. Não são, portanto, sumários introduções ou visões gerais do assunto, os quais são geralmente, apresentados no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do material que se segue, simplesmente destacando certos aspectos”

A principal função dos organizadores prévios é preencher a lacuna entre o que o aluno já sabe e o que ele precisa saber a fim de que o novo conhecimento possa ser aprendido de forma significativa, provendo uma moldura ideacional para a incorporação estável e retenção do material mais detalhado e diferenciado que será aprendido. De forma a aumentar a discriminabilidade entre este material e outro similar ou ostensivamente conflitante já incorporado à estrutura cognitiva [3].

As formas de criação dos subsunçores são: organizadores expositórios ou comparativos. Sendo o primeiro utilizado quando não há relação de familiaridade do assunto ao aluno, servido para prover subsunçores relevantes, aos quais sustentam uma relação super ordenada com o novo material. No segundo caso, quando temos um material relativamente familiar utilizamos um organizador comparativo, que é utilizado tanto para integrar novas idéias com conceitos basicamente similares existentes na estrutura cognitiva, como, para aumentar a discriminabilidade entre idéias novas e outras já existentes.

2.7 TIPOS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aprendizagem significativa é o processo de aquisição de informação que resulta em modificação tanto da nova informação adquirida como do aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva ao qual ela se relaciona. Os três tipos de aprendizagem são: representacional, de conceitos e proposicional.

A aprendizagem representacional é o tipo elementar formador da base dos demais tipos de aprendizagem significativa. Envolve a atribuição de significado a determinados símbolos, isto é, a identificação em significado de símbolos com os seus referentes (objetos, eventos e conceitos). Não se trata meramente de uma associação entre o símbolo e o objeto, pois na medida em que a aprendizagem for significativa e existe uma forma de relação substantiva e não arbitrária.

A aprendizagem de conceitos é de certa forma, uma aprendizagem representacional, pois os conceitos são representados por símbolos particulares, porém são genéricos ou categóricos, representam abstrações dos atributos criteriais (essenciais) dos referentes, isto é, representam regularidades em eventos ou objetos ou propriedades que possuem. Esse critério é capaz de agrupar conceitualmente eventos ou objetos que tem características básicas comuns e algumas pequenas particularidades.

A aprendizagem proposicional, a tarefa não é aprender o que palavras isoladas ou combinadas representam, e sim, aprender o significado de idéias em forma de proposição. A tarefa, no entanto, também não é aprender o significado dos conceitos (embora seja um pré-requisito) e sim, o significado das idéias expressas verbalmente através destes conceitos sob a forma de uma proposição. Ou seja, a tarefa é aprender o significado que está além da soma dos significados das palavras ou conceitos que compõem a proposição.

Por exemplo, a proposição referente à lei de Ohm só poderá ser aprendida significativamente depois que foram aprendidos os conceitos que, combinados, constituem tal proposição.

Uma proposição potencialmente significativa expressa verbalmente em uma sentença, contendo tanto os significados denotativos como os conotativos dos conceitos envolvidos, interagem com idéias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva e, desta interação, emergem os significados da nova proposição.

2.8 EVIDÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A aquisição de significados é o produto da aprendizagem significativa. Ou seja, o significado real para o indivíduo (significado psicológico) emerge quando o significado potencial (significado lógico) do material de aprendizagem converte-se em conteúdo cognitivo diferenciado e idiossincrático por ter sido relacionado, de maneira substantiva e não arbitrária, e interagido com idéias relevantes existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

A compreensão genuína de um conceito ou proposição implica na posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Para evidenciar a compreensão significativa de algum conceito é necessário formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido, evitando assim, uma “simulação da aprendizagem significativa”.

Os requisitos mínimos para os testes são possuir fraseado de maneira diferente e apresentados em um contexto de alguma forma diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional. Sendo a solução de problemas sem dúvida um método válido e prático

de se procurar evidências de aprendizagem significativa. Outra possibilidade é solicitar ao aluno que diferencie idéias relacionadas, mas não idênticas, ou que identifiquem os elementos de um conceito ou proposição de uma lista, contendo, também os elementos de outros conceitos e proposições similares. Além dessas, outra alternativa para testar a ocorrência da aprendizagem significativa é a de propor ao aluno uma tarefa de aprendizagem seqüencialmente, dependente da outra, que não possa ser executada sem uma genuína compreensão da precedente.

2.9 QUESTIONÁRIO SOBRE OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS.

Para verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos relacionados ao Magnetismo, independentemente da forma como foram obtidas por eles, elaboramos sete questões; com o intuito de selecionar quais eram os seus subsunçores. O questionário foi respondido por 34 alunos da 8ª série do ensino fundamental e da 2ª série do ensino médio do Colégio Impacto (rede particular de ensino), o questionário foi passado antes da aula e depois da aplicação do método, com os experimentos apresentados nesse trabalho, mostrando a interação entre velhos e novos conceitos. As perguntas do questionário foram:

- 1. Os ímãs podem atrair pedaços de madeiras? E pregos? E papel?**
- 2. A Terra pode ser considerada como um grande ímã?**
- 3. Ímãs se atraem ou se repelem? Por quê?**
- 4. A que você associa o conceito de campo magnético?**
- 5. Um campo magnético pode produzir uma força magnética?**
- 6. Imagine-se perdido numa floresta e você dispõe somente de uma bússola. Você saberia usá-la?**
- 7. Cite materiais (ou equipamentos) que possuem campo magnético?**

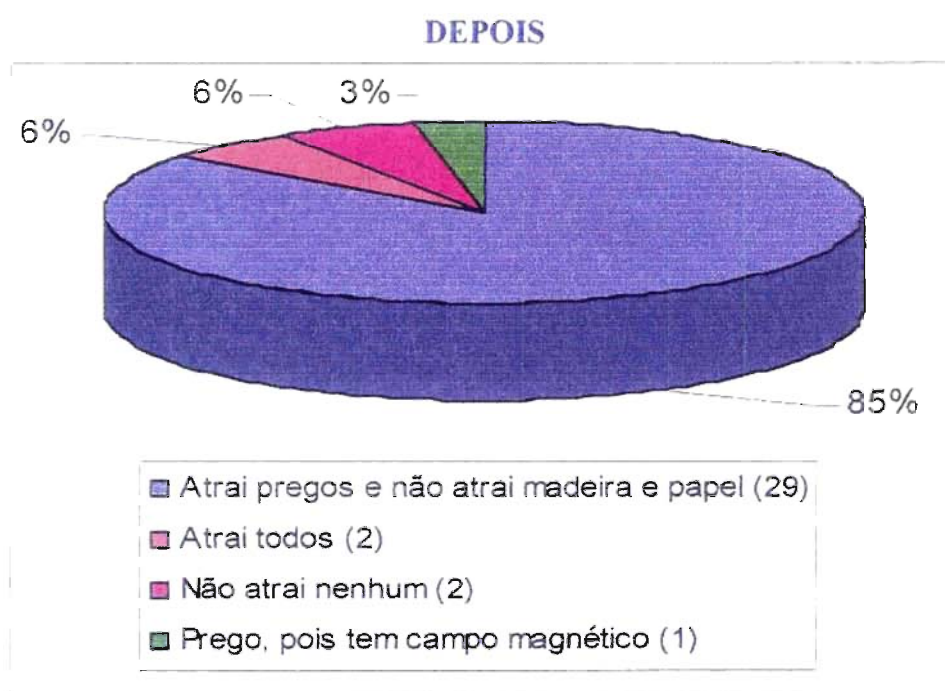
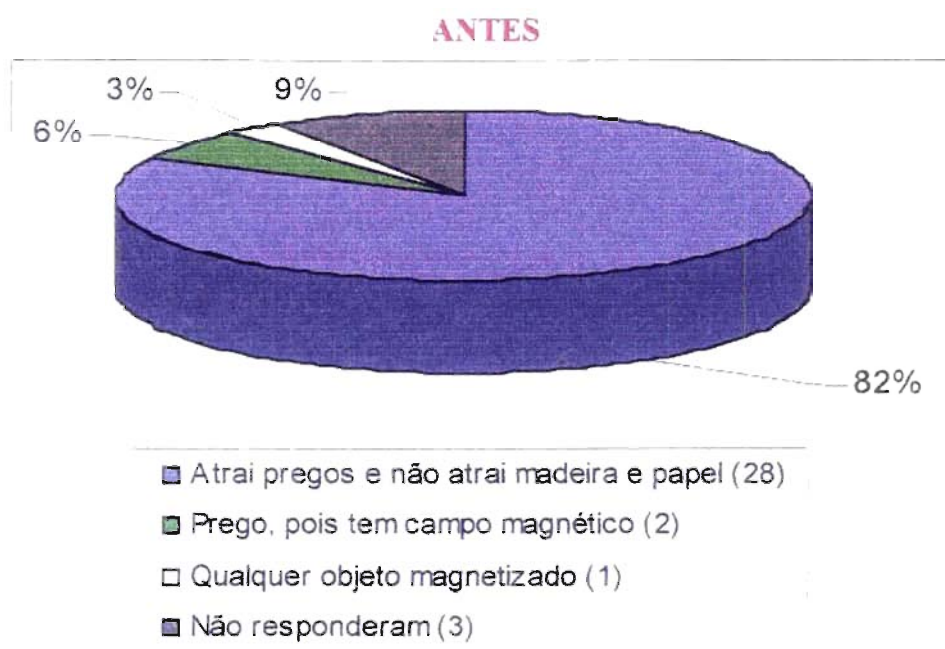
As análises das respostas dos questionários passadas para os alunos se encontram na próxima página, cada pergunta tem dois gráficos em forma de pizza, o primeiro aplicado antes das aulas e o segundo depois das aulas sobre magnetismo.

As questões 3, 4 e 6 já haviam sido utilizadas em outro trabalho realizado com alunos da terceira série do Ensino Médio no colégio Pedro II. [4].

2.10 GRÁFICOS DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

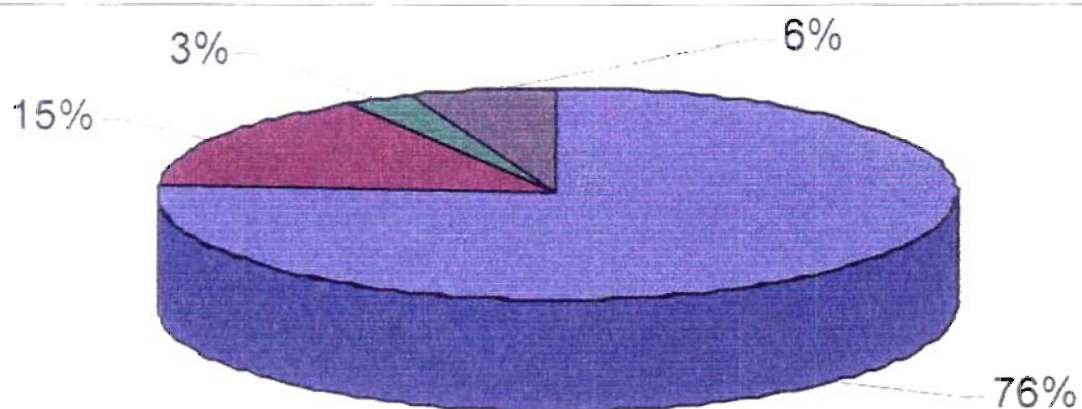
Nos gráficos a seguir apresentamos as respostas dos alunos antes de iniciar o processo de aprendizagem (aulas iniciais) e depois da aplicação do método. O questionário foi respondido por 34 alunos do ensino fundamental e médio (8ª e 2ª séries). Em cada gráfico apresentamos entre parênteses o número de alunos para cada resposta e em cima no formato de pizza colocamos o número de alunos em porcentagem para uma melhor visualização.

Questão nº 1- Os ímãs podem atrair pedaços de madeiras? E pregos? E papel?



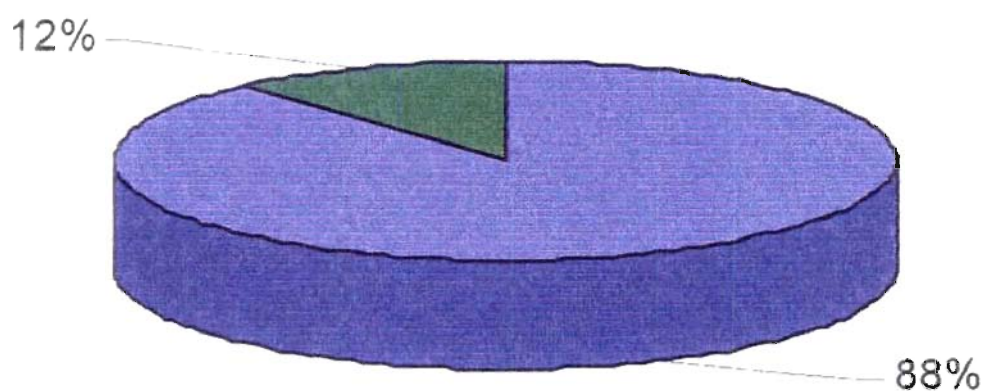
Questão nº 2- A Terra pode ser considerada como um grande ímã?

ANTES



- Sim (26)
- Não (5)
- Sim, devido ao magma (1)
- Não responderam (2)

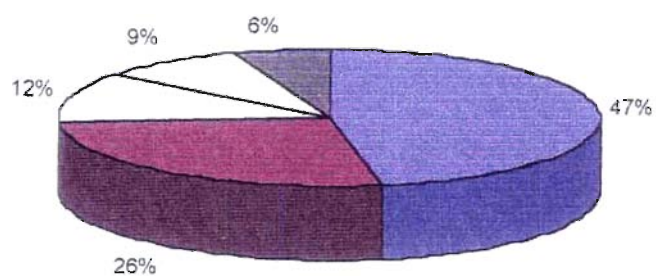
DEPOIS



- Sim (30)
- Sim, devido ao magma (4)

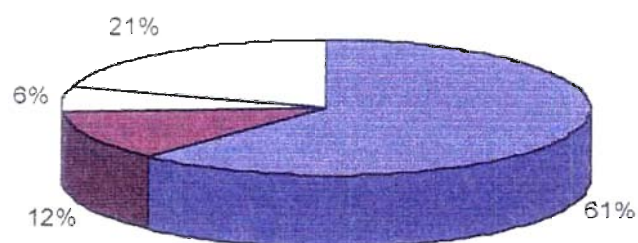
Questão nº 3- Ímãs se atraem ou se repelem? Por quê?

ANTES



- Atraem ou se repelem, dependendo da carga elétrica (16)
- Atraem ou se repelem, dependendo do pólo (9)
- Atraem (4)
- Repelem (3)
- Não responderam (2)

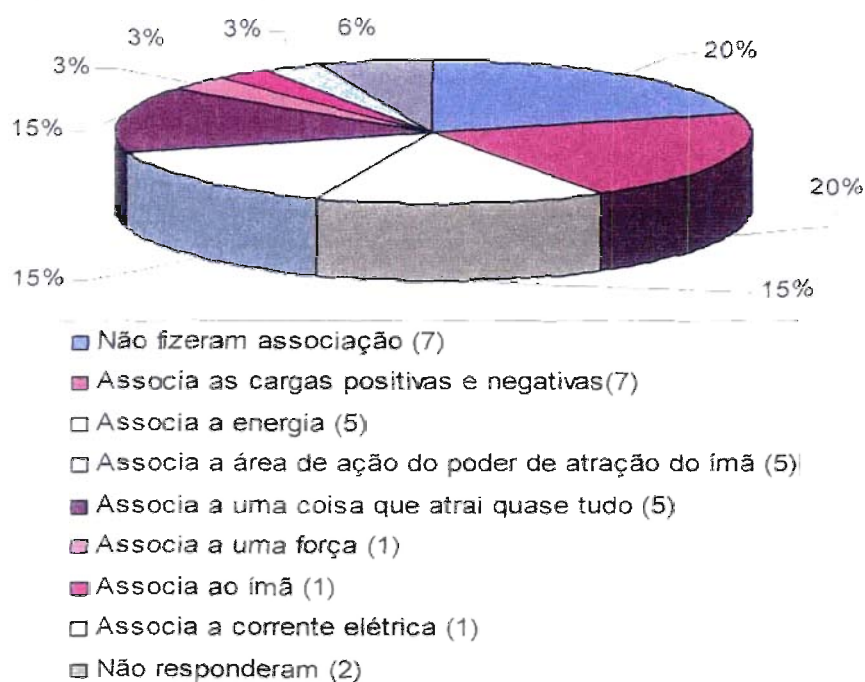
DEPOIS



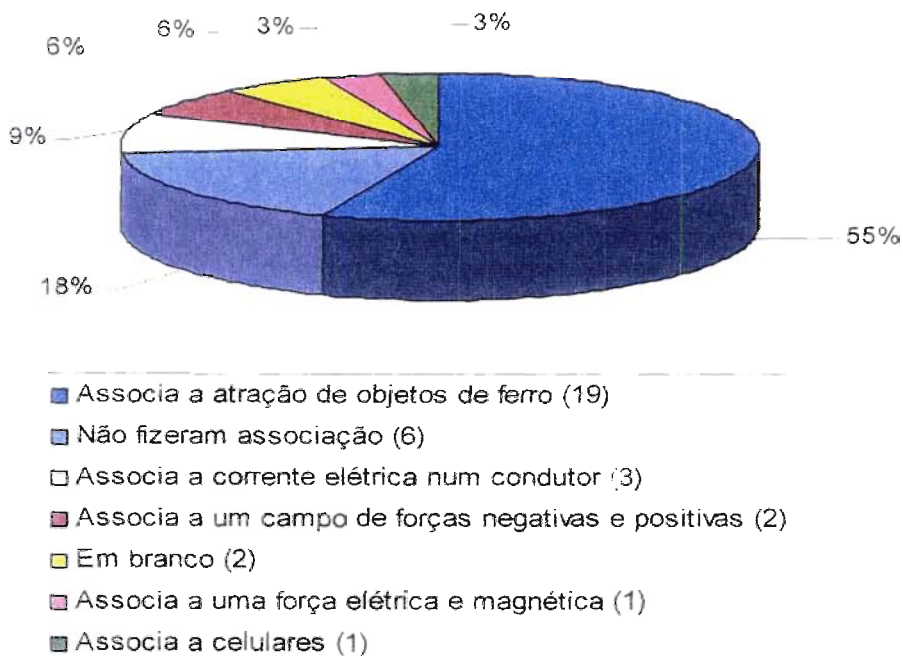
- Atraem ou se repelem, dependendo do pólo (21)
- Atraem ou se repelem, dependendo da carga elétrica (4)
- Repelem (2)
- Atraem (7)

Questão nº 4 – A que você associa o conceito de campo magnético?

ANTES

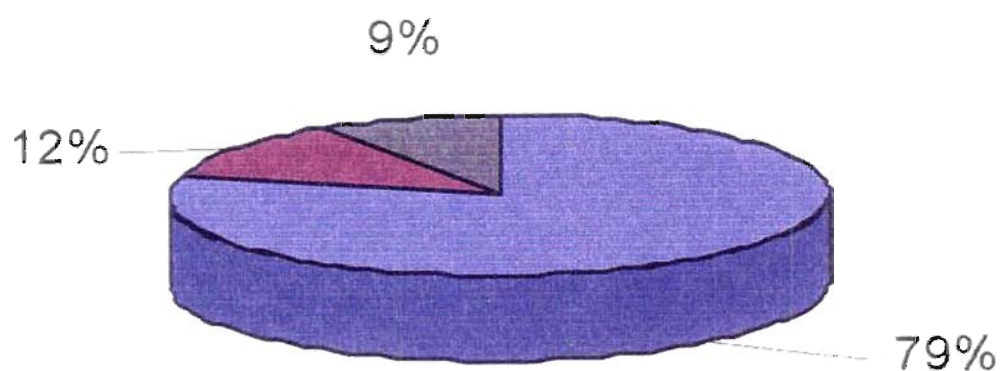


DEPOIS



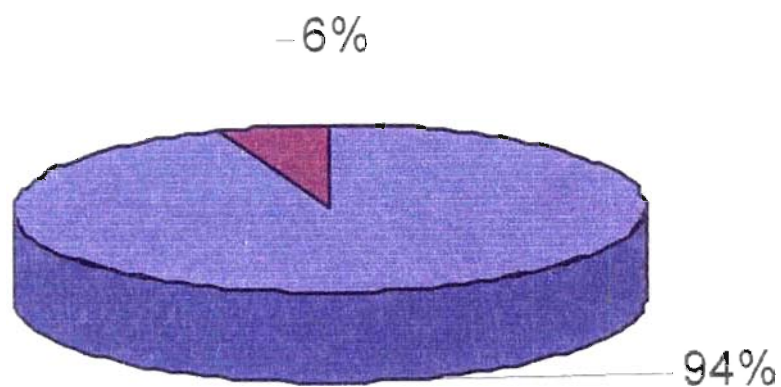
Questão nº 5 – Um campo magnético pode produzir uma força magnética?

ANTES



- Sim (27)
- Não (4)
- Não responderam (3)

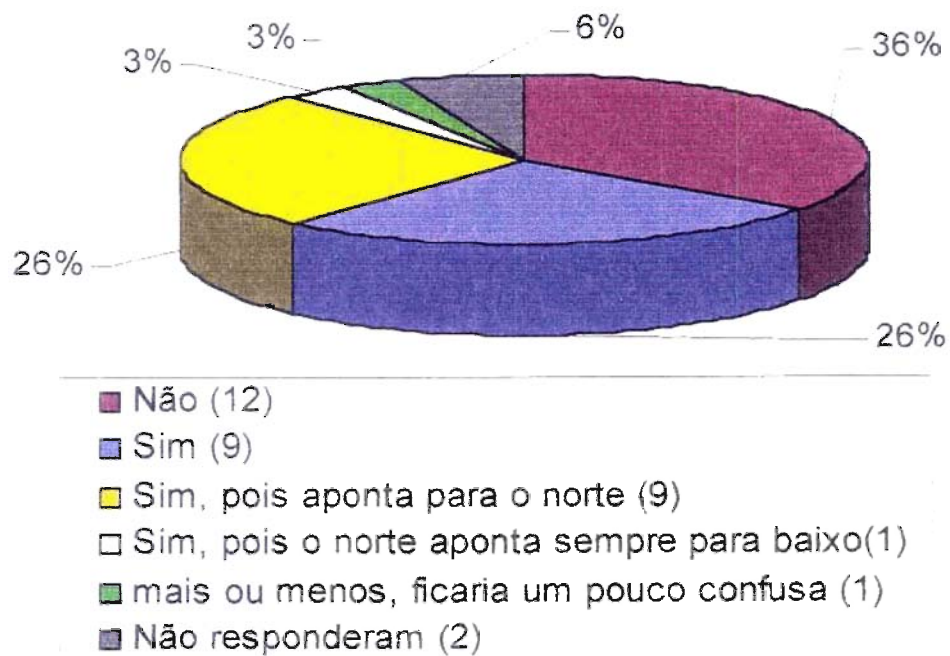
DEPOIS



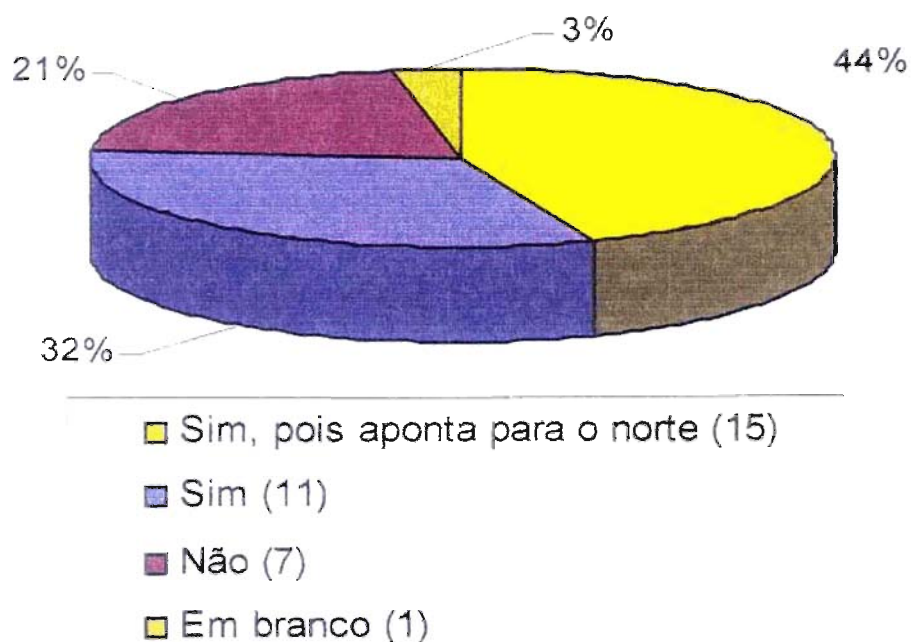
- Sim (32)
- Não (2)

Questão nº 6 – Imagine-se perdido numa floresta e você dispõe somente de uma bússola. Você saberia usá-la?

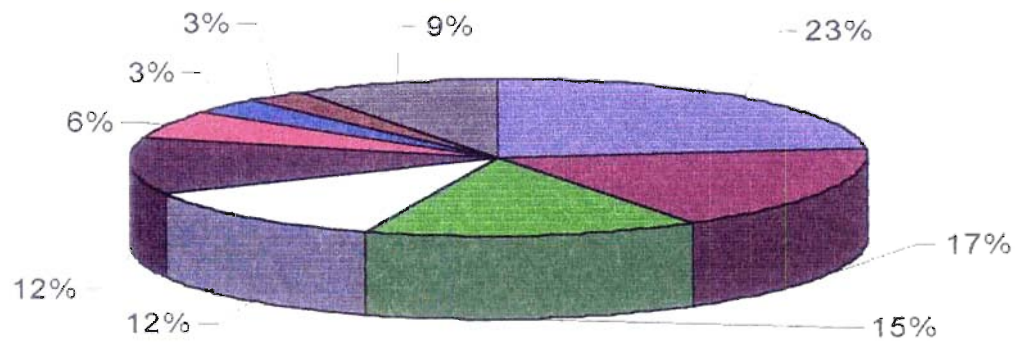
ANTES



DEPOIS

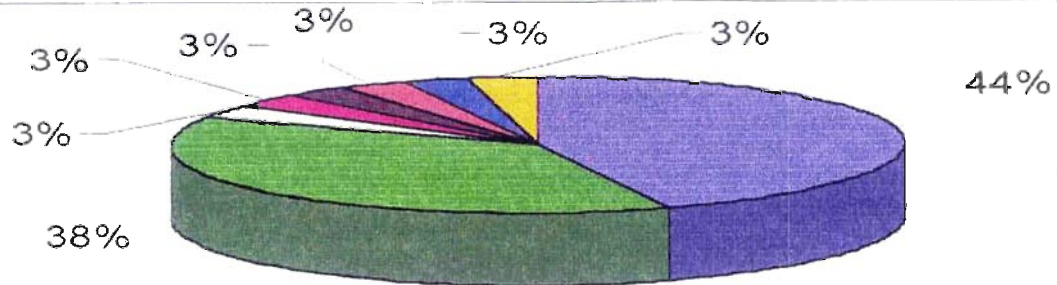


ANTES



- Ímã, bússola (8)
- Ímã, prego, ferro, aço, metal (6)
- Eletrodomésticos, materiais eletrônicos, marcapasso, computadores, walkman (5)
- Espira, fio metálico, cartão magnético, tarja da fita K-7, bússola (4)
- Fio metálico (4)
- Geladeira, garfo, panela, colher (2)
- Geladeira, bexiga, cabelo, ímã (1)
- Uma bexiga cheia (1)
- Não responderam (3)

DEPOIS



- Ímã, Bússola (15)
- Placa mãe, TV, Celular, Fita de vídeo, Campainha, Cartão magnético, Despertador, Liquidificador, Batedeira (13)
- Pregos, ferro, aço, metal, alumínio (1)
- Panelas, colheres, garfos (1)
- Fio metálico (1)
- Geladeira, moeda, prego, metal (1)
- Pilhas, baterias (1)
- Em branco (1)

2.11 Análise das Respostas Para Determinação dos Subsunoçores

Tomando como base as respostas ao questionário, determinamos os conceitos subsunoçores dos alunos. Apresentamos a seguir os resultados para cada uma das questões:

Na Questão nº 1 verificamos que o subsunçor da maioria dos alunos era o de que os ímãs atraem pregos.

Na Questão nº 2 verificamos que o subsunçor da maioria dos alunos era o de que a Terra é considerada um grande ímã.

Na Questão nº 3 verificamos que o subsunçor da maioria dos alunos era o de que os ímãs se atraem ou se repelem dependendo de suas cargas elétricas.

É interessante ressaltar que antes da aplicação do método o conceito de pólo representava 26% do total da turma e após a aplicação do método esse percentual mudou para 61%, representando mais do que o dobro do inicial, assim como o conceito de cargas elétricas, reduziu de 47% para 12%, ou seja, houve uma redução para menos da metade da situação inicial. Esse resultado demonstra que o processo de interação entre a experiência nº 1 e a teoria lecionada em sala de aula modificou significativamente o conceito subsunçor na estrutura cognitiva do aluno (vide questão nº 3).

Na Questão nº 4 verificamos que o subsunçor da maioria dos alunos era o de que o campo magnético era associado a cargas positivas e negativas.

Na Questão nº 5 verificamos que o subsunçor da maioria dos alunos era o de que campo magnético pode produzir uma força magnética.

Na Questão nº 6 verificamos que o subsunçor da maioria dos alunos era o de que a bússola aponta sempre no sentido do pólo norte, porém a maioria dos alunos não sabiam utilizar a bússola.

Na Questão nº 7 verificamos que o subsunçor da maioria dos alunos era o de que o campo magnético existia em bússolas e ímãs.

3 RESUMO HISTÓRICO

Os gregos antigos descobriram que certas pedras encontradas perto da cidade de Magnésia, na Ásia Menor, tinham o poder de atrair pedacinhos de ferro. Eles deram à pedra o nome de *magnetita*. As lendas falam, também, de um menino pastor chamado Magnes, que enfiou seu cajado de ferro dentro de um buraco contendo magnetita e descobriu, para a sua surpresa, que não conseguia mais tirá-lo de lá. Outra história, com cerca de 2300 anos de idade conta que Ptolomeu Filadelfos mandou cobrir toda a cúpula de um templo em Alexandria com magnetita a fim de que pudesse colocar ali uma estátua suspensa no ar. Sua experiência fracassou. Hoje, sabe-se que a magnetita é um minério composto de óxido de ferro (Fe_3O_4) que apresenta propriedades magnéticas. Ele é um produto bruto da natureza encontrado em quase todas as partes do mundo.

Os chineses perceberam que ao deixar um ímã suspenso livremente num fio, o ímã sempre se alinhava aproximadamente na direção Norte-Sul terrestre, possibilitando daí o surgimento da bússola.

Por volta do ano de 1820, a invenção da bateria já tinha 20 anos, quando Hans Christian Oersted (1777-1851), natural da Dinamarca e professor de Física na Universidade de Copenhague, fez a importantíssima descoberta (experiência nº 3) de que há uma relação direta entre a força magnética e a força elétrica. Assim ele juntou a Eletricidade e o Magnetismo, formando uma nova ciência à qual denominamos Eletromagnetismo.

A descoberta da relação entre a eletricidade e o magnetismo foi feito quase que por acaso. Já alguns cientistas antes de Oersted haviam feito experiências com ímãs permanentes, porém o Magnetismo ainda era considerado uma ciência afastada da Eletricidade. Ele mesmo acreditava que não havia a menor relação entre as duas ciências. Para provar isto a seus alunos, ele sempre ligava um condutor a uma pilha voltaica e o colocava em ângulo reto, na vertical, sobre uma Bússola. Quando o condutor era colocado assim, ele não influenciava em nada o movimento do ponteiro da bússola. Entretanto, durante uma das suas aulas, ele colocou, por acaso, o condutor paralelo ao ponteiro da bússola. O ponteiro girou imediatamente e parou fazendo um ângulo reto com o condutor e enquanto a corrente permaneceu ligada, o ponteiro não alterou seu comportamento.

Oersted prosseguiu com suas experiências e descobriu que ao inverter o sentido da corrente no condutor, o ponteiro continuava fazendo ângulo reto com ele, porém no sentido oposto. Ele descobriu também que ao segurar o fio sob a bússola obtinha um efeito exatamente oposto do que o obtido quando colocava a bússola sobre o fio.

Depois de numerosas experiências, Oersted admitiu que o efeito magnético da corrente elétrica percorrendo um fio podia influenciar outros materiais de forma similar a um ímã. Esta descoberta básica provocou um enorme interesse pelo novo campo do Eletromagnetismo e diversos cientistas dedicaram-se a desenvolver e aprofundar as experiências de Oersted.

Sem sombra de dúvida, a maior aplicação prática imediata da descoberta de Oersted foi o eletroímã (experiência nº 4), inventado independentemente por Joseph Henry, cientista americano que chefiava o Smithsonian Institute, e por William Sturgeon, físico inglês. Muitos cientistas modernos o consideram como a maior invenção da nossa era.

Em 1825, Sturgeon curvou uma barra de ferro comum, dando-lhe o formato de uma ferradura. Depois, ele a revestiu com verniz e enrolou com fio de cobre desencapado. Quando provocou a passagem de corrente gerada por uma pilha voltaica pelo fio, a ferradura se tornou um ímã capaz de sustentar uma massa de quase 4 quilogramas, o que representava muito para a época. Logo criaram eletroímãs cada vez mais poderosos baseados no mesmo princípio, cronologicamente podemos destacar algumas importantes descobertas para o desenvolvimento do magnetismo [5]:

(1269 d.c) – Petrus Peregrinus, descobre as propriedades do magnetismo e mostra que pólos (sua própria denominação) iguais se repelem e pólos diferentes se atraem.

(1492) – Cristóvão Colombo (1451-1506) comprova que a inclinação da agulha da bússola varia conforme a região da Terra.

(1600) – Willian Gilbert (1540- 1603), físico e médico inglês, publica “De Magnete”, seis volumes descrevendo a Terra, como tendo as propriedades de um grande ímã (e portanto justificando o comportamento da agulha da bússola). Gilbert inventou, também, a palavra “eletricidade” a partir de “elektron”, palavra grega que significa âmbar.

(1800) – Allessandro Volta (1745-1827), físico italiano, descobre o primeiro método prático para geração de eletricidade. A pilha voltaica (assim chamada em sua homenagem) consiste numa série de placas de prata e zinco separadas umas das outras por um pano ou papel saturado com uma solução salina.

(1819) – Hans Christian Oersted (1777-1851), físico dinamarquês, descobre que um campo magnético é gerado por uma corrente elétrica, provando assim que a eletricidade e o magnetismo são fenômenos afins.

Após 1820, o eletromagnetismo teve um enorme desenvolvimento, através de cientistas, tais como, Ampère, Faraday, Henry, Gauss, Lenz, Maxwell, Hertz, Tesla e outros, porém não faz parte do conteúdo deste trabalho, no qual estudamos até a invenção do eletroímã.

4 EXPERIÊNCIAS

4.1 LINHAS MAGNÉTICAS

OBJETIVO:

Essa experiência tem como objetivo demonstrar que na região ao redor de um ímã existem “linhas de campos invisíveis” que podem ser visualizadas com o auxílio de limalha de ferro, assim como pode ser feita a visualização da interação entre dois ímãs.

Material Necessário:

- 1) Um ímã (pelo menos 2 ímãs)
- 2) Placa de vidro ou pedaço de papelão (20 cm x 20 cm)
- 3) Pedaço de bombril ou limalha de ferro

A região do espaço em torno de um ímã ou de um condutor percorrido por uma corrente é chamada de “campo magnético”. Para demonstrar sua existência, aproximamos um ímã de materiais magnéticos e veremos que, antes mesmo do ímã tocar nele, uma força invisível o atraiu para o ímã. Um prendedor de papel e um ímã bastam para deixar este fato bem claro.

Muito facilmente podemos conseguir uma representação visual do campo magnético em torno de ímã, de acordo com o procedimento a seguir:

Coloque um ímã debaixo de uma placa de vidro ou de um pedaço de papelão, segure um bombril a um palmo acima do vidro ou papelão e esfregue-o na mão para que ele solte fiapos e pó. Agora bata de leve no vidro ou no papelão. Você verá que os fiapos e o pó do bombril se distribuirão de modo bem definido (figura 4.2). O desenho que eles formam no vidro ou no papelão representa as linhas de campo magnético em torno do ímã. Se você colocar um monte de pozinho de bombril (ou limalha de ferro) dentro de um saquinho e salpicar o vidro ou o papelão com ele, o pozinho se distribuirá uniformemente por toda a área.

As linhas que aparecem são, na verdade, as trajetórias invisíveis em que o magnetismo atua. (elas são chamadas de “linhas de campo magnético”, nome dado por Michael Faraday).

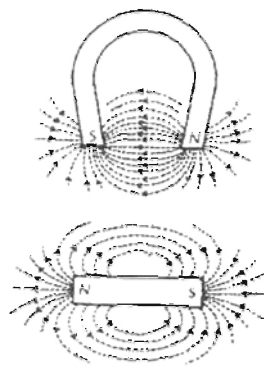


Figura 4.1: linhas de campo magnético – modelo teórico [5].

Em vez do pó de bombril você pode usar limalha de ferro para fazer esta experiência. A limalha pode ser obtida com facilidade limando-se um prego ou outro objeto de ferro e recolhendo-se os restos da raspagem.

Se você preferir, ela também pode ser comprada em lojas de ferragens, porém o bombril é melhor pois, produz com facilidade as pequenas partículas de que precisamos, como indica a figura 4.2.

Se você quiser guardar o formato dos padrões de linhas de linhas dos campos magnéticos para sempre, faça o seguinte: coloque uma folha de papel de cera sobre o papelão ou placa de vidro, e espalhe o material sobre o papel de cera. Depois que a limalha ou o pó de bombril tiver assumido a forma desejada, aqueça com cuidado o papel de cera para que parte da cera se derreta. As partículas grudarão na cera derretida e, assim que ela endurecer de novo, estará feito o registro permanente do campo magnético.

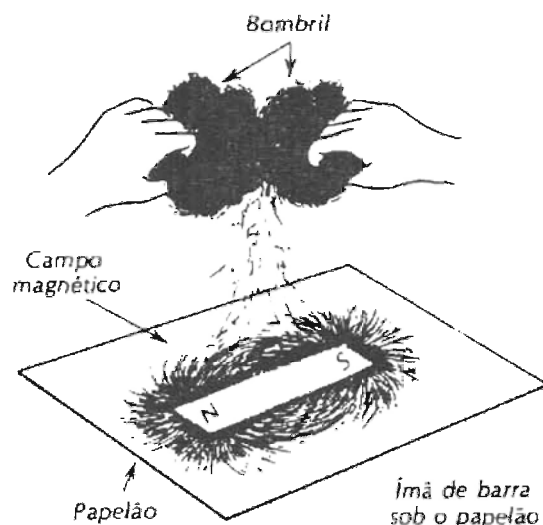


Figura 4. 2: Comprovação da distribuição das linhas campo magnético – com uso de palha de aço e um ímã [5].

Outros campos magnéticos interessantes podem ser demonstrados através de combinações de ímãs, que permitem a observação das diferenças produzidas quando pólos iguais ou pólos contrários ficam voltados uns para os outros, como na figura 4.3.

Quando pólos contrários estão frente a frente, as linhas se estendem do pólo Norte de um dos ímãs até o pólo Sul do outro, numa meia volta completa. Por outro lado, quando pólos iguais estão frente a frente, aparecerá um padrão diferente, com linhas saindo do pólo Norte de ímã para o pólo Sul do mesmo ímã. Perto dos pólos iguais mais próximos, as linhas desaparecem antes de alcançar o outro ímã.

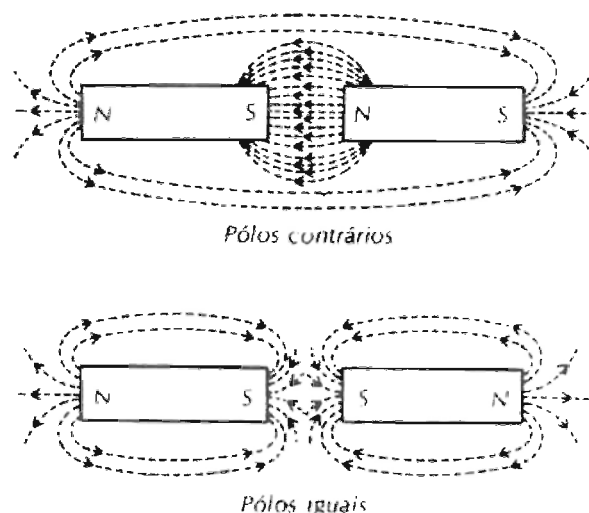


Figura 4.3: Configurações das linhas de força com pólos iguais (repulsão) e com pólos contrários (atração) [5].

QUESTÕES:

- 1) Explique o que são “pólos” de um ímã.
- 2) Um ímã ao ser cortado em duas partes irá apresentar pólos norte e sul distintos? Por que?
- 3) Entre quais pólos de dois ímãs existe uma força de atração? E de repulsão?

- 1) Os pólos são as partes dos ímãs onde os efeitos magnéticos se apresentam mais intensos. Mas nem sempre podemos dizer que essas partes se localizam nas extremidades de um ímã, por exemplo, em um ímã esférico.
- 2) Sim, porque não existe monopólo magnético, pelo princípio da inseparabilidade dos pólos magnéticos, ou seja, verifica-se experimentalmente que um único pólo não pode existir isoladamente.
- 3) Pólos contrários se atraem e pólos iguais se repelem.

Sul	Sul	Repulsão
Norte	Sul	Atração
Norte	Norte	Repulsão

4.2 CONSTRUA UMA BÚSSOLA FLUTUANTE

OBJETIVO:

Essa experiência tem como objetivo demonstrar o processo de manufatura de um ímã artificial, pelo processo de magnetização de determinados materiais (agulha), assim como provar que o planeta Terra possui linhas de campos magnéticos e que a bússola nada mais é do que um ímã que se alinha com o campo magnético terrestre.

Material Necessário:

- 1) Agulha de costura grande
- 2) Rolha de cortiça (0,5 cm de espessura).
- 3) Ímã permanente
- 4) Copo, xicara ou outro recipiente não magnético com água
- 5) Detergente

A primeira aplicação prática do magnetismo foi a bússola. Em poucos minutos, podemos construir uma bússola que será tão boa quanto a do homem que há séculos as utilizavam para orientar seus navios. As primeiras bússolas utilizadas pelos navegantes eram conhecidas como “gnomons” e consistiam numa agulha de aço magnetizada, que era atravessada num pedacinho de madeira e flutuava na superfície de um recipiente cheio d’água. A parte flutuante do aparelhinho girava e, ao parar, o ponteiro ficava alinhado na direção Norte-Sul. As bússolas modernas, embora com mecânica mais refinada, operam basicamente dentro do mesmo princípio.

Sabemos agora que o ponteiro da bússola é na verdade, um ímã apoiado de uma forma tal, que é capaz de girar livremente. A liberdade de movimentos pode ser conseguida de diversas maneiras. Uma das mais simples é imantar uma agulha de costura e, com a ajuda de uma rolha de cortiça, colocá-la para flutuar na água, fazendo esse experimento da seguinte forma:

Magnetize a agulha de costura esfregando-a com um ímã permanente, lembre-se que o movimento não pode ser de vaivém, este deve ser sempre na mesma direção, afastando o ímã da agulha assim que chegar à extremidade livre, como mostra a figura 4.4.

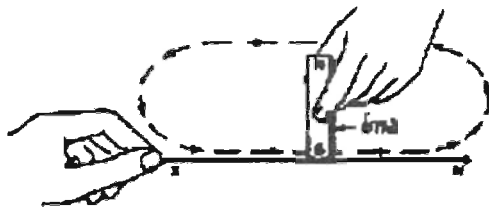


Figura 4.4: Magnetização (imantação) de uma agulha [5].

Corte uma seção reta da rolha, com cerca de 0,5 centímetro de espessura, colocando a agulha magnetizada sobre ela para que possa flutuar horizontalmente (Figura 4.5). Coloque a rolha com a agulha dentro do recipiente cheio d'água. Acrescente um pouquinho de detergente à água para que a tensão superficial seja reduzida. Assim, a cortiça e a agulha ficarão impedidas de se movimentar até as bordas do recipiente. Faça com que a rolha flutuante gire de leve e verá que logo ela irá parar apontando para a direção do Norte e do Sul. Gire-a outra vez, agora para o outro lado e repare que ela irá parar apontando para o mesmo lugar.

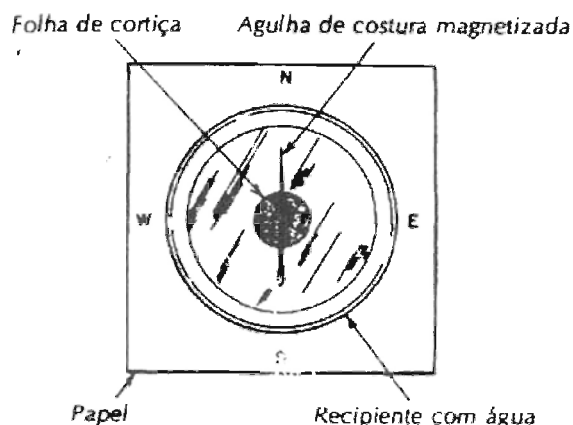


Figura 4.5: Bússola confeccionada com cortiça e agulha de costura imantada – modelo I [5].

Cabem aqui algumas observações: - Para que a experiência seja bem-sucedida, é preciso que você não deixe nenhum ímã, de qualquer espécie, perto da bússola flutuante, pois ele poderia atrapalhar seu funcionamento. Além disso, o recipiente com a água não poderá ser de ferro nem de qualquer material magnético. Estes dois detalhes são suficientes para que a bússola não funcione corretamente.

A rolha de cortiça não deverá ter mais que 0,5 centímetros de espessura. A cortiça que vem na garrafa de vinho pode ser usada, coloque-a na água e depois apoie cuidadosamente a agulha sobre ela. Pegue um pedaço de papel bem maior que o recipiente com água e escreva Norte na parte de cima, Sul na parte de baixo, Leste à direita e Oeste à esquerda.

Depois coloque o recipiente sobre o papel e deixe que a agulha pare, levante o recipiente com cuidado e gire o papel até que a indicação Norte do papel coincida com a direção Norte para a qual a bússola está apontando. (Esta será a direção do pólo sul magnético terrestre, ao qual não coincide com a direção do pólo Norte geográfico, formando entre essas direções um ângulo de declinação magnética.).

A bússola flutuante também pode ser feita de outra forma. Para isso, você precisará de duas rodela finas de cortiça e de uma agulha magnetizada. Fixe a ponta da agulha numa das rodela e o orifício na outra, como ilustra a figura 4.6. Esta bússola é um pouco mais fácil de construir e é mais resistente que a outra, na qual a agulha flutua numa única rolha. Diz-se que este tipo de bússola era usado na época em que Colombo descobriu a América.

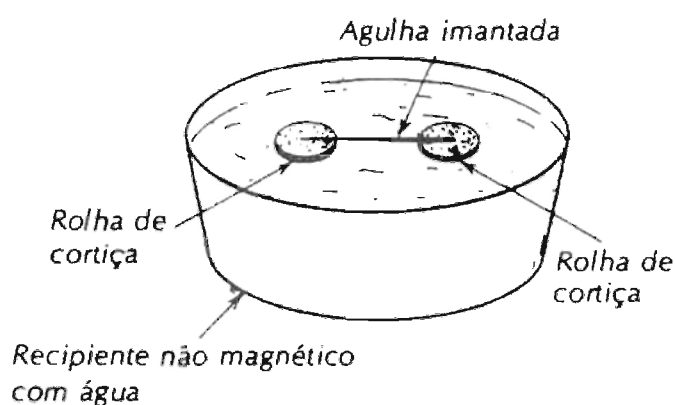


Figura 4.6: Bússola confeccionada com cortiça e agulha de costura imantada – modelo 2 [5].

QUESTÕES:

- 1) Por que a Terra pode ser considerada um grande ímã? Onde se localizam os pólos norte e sul magnéticos?
- 2) Por que a bússola sempre aponta aproximadamente para a direção do pólo norte geográfico?
- 3) Explique o funcionamento da bússola.
- 4) Ao se aproximar um ímã de uma bússola esta continuará apontando para o norte ou haverá algum tipo de alteração na sua direção?
- 5) Os astronautas, ao chegarem à Lua, constataram que **não** existe um campo magnético lunar. Ao se deslocarem na superfície de nosso satélite, os astronautas poderiam se orientar usando uma bússola magnética, como se faz aqui na Terra? Explique.

GABARITO DO PROFESSOR

- 1) A Terra pode ser considerada um grande ímã, pois ela apresenta linhas de campos magnéticos, sendo o pólo norte magnético localizado no pólo sul geográfico e o pólo sul magnético localizado aproximadamente no pólo norte geográfico. No Rio de Janeiro a declinação é próxima de 17° W.
- 2) Porque o norte da agulha imantada da bússola é atraída pelo pólo sul magnético terrestre.
- 3) A bússola é um mecanismo no qual um ímã (a agulha imantada) pode girar livremente, tendo esta a propriedade de se alinhar com o campo magnético da Terra.
- 4) Ao se aproximar um ímã de uma bússola haverá desvio na sua direção, pois a agulha da bússola será atraída (ou repelida) pelo ímã.
- 5) Na Lua não poderão se orientar com a bússola, pois não existe campo magnético lunar, ou seja, a bússola não irá se alinhar com o campo magnético.

4.3 AS RELAÇÕES DA ELETRICIDADE COM O MAGNETISMO.

OBJETIVO:

Essa experiência tem como objetivo mostrar que existe uma relação entre eletricidade e magnetismo, demonstrando que cargas elétricas em movimento (corrente elétrica) criam ao redor de si um campo magnético.

Material Necessário:

- 1) Bússola pequena (2 a 3 centímetros de diâmetro)
- 2) Um metro de fio de cobre isolado (1mm de diâmetro)
- 3) Pilha grande de 6 volts ou bateria pequena de 9 volts
- 4) Pedaco de cartolina (15 cm x 20 cm)

Podemos reproduzir com facilidade as experiências clássicas de Oersted, vistas no texto histórico, usando apenas materiais de fácil obtenção. Faça o seguinte: -Retire o isolamento de cerca de 2,5 centímetros de ambas as extremidades do fio. Para que a experiência fique mais fácil, passe o fio por dentro de dois orifícios pequenos num pedaço de cartolina e coloque a bússola sob o fio como mostra a figura 4.7.

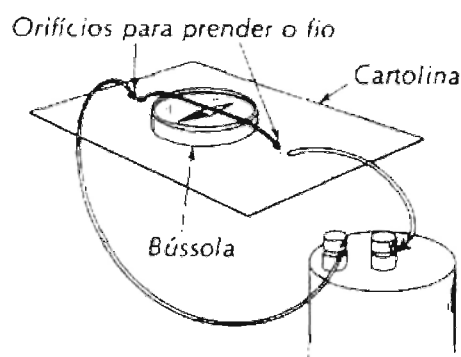


Figura 4.7: Esquema simplificado da experiência de Oersted, em 1820 [5].

Ligue uma extremidade do fio a um dos terminais da pilha, prendendo-a com firmeza, e depois gire a cartolina de modo que o ponteiro da bússola fique na mesma direção do fio (ou seja, paralelo ao fio). Agora encoste rapidamente a extremidade solta do fio no outro terminal da pilha, sem tirar os olhos da bússola. Viu o que aconteceu? O ponteiro girou imediatamente ficando em ângulo reto com o fio. Afaste o fio do terminal da pilha; o ponteiro voltará à posição original. Agora inverta a posição do fio na pilha, o que provocará uma inversão no fluxo de corrente, e veja como o ponteiro passará a apontar para o sentido oposto (Figura 4.8). Retire a bússola de sob o fio. Estique-o e coloque a bússola sobre ele, e repita a experiência. Ainda uma vez, o ponteiro se inclinará, porém em sentido oposto à da experiência anterior.

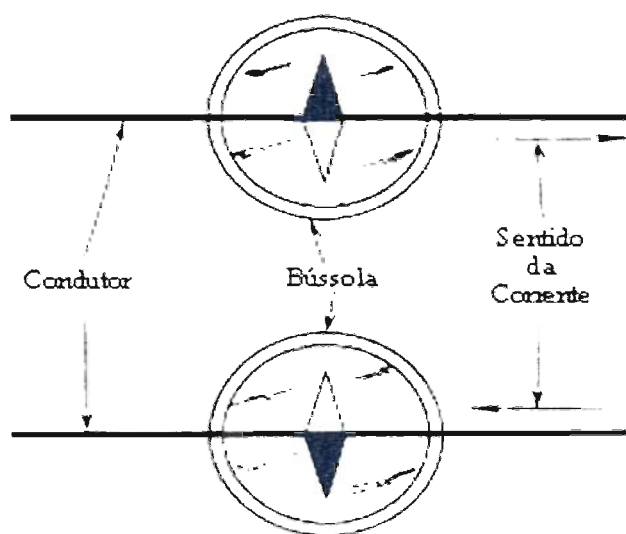


Figura 4.8 – Orientação do campo magnético sob influência de uma corrente elétrica [5].

Podemos determinar a sentido em que o ponteiro girará antes mesmo de aplicarmos corrente ao fio. O cientista francês Ampère foi o criador desta regra prática. Coloque a mão direita na posição ilustrada na figura 4.9, o seu dedo médio deve estar voltado para a bússola e seu indicador do sentido do fluxo da corrente elétrica, o seu polegar indicará o sentido em que o pólo Norte da bússola vai girar. Sugestão: peça aos alunos para determinar o sentido em que a bússola irá girar pela regra da mão direita, antes de executar a experiência.

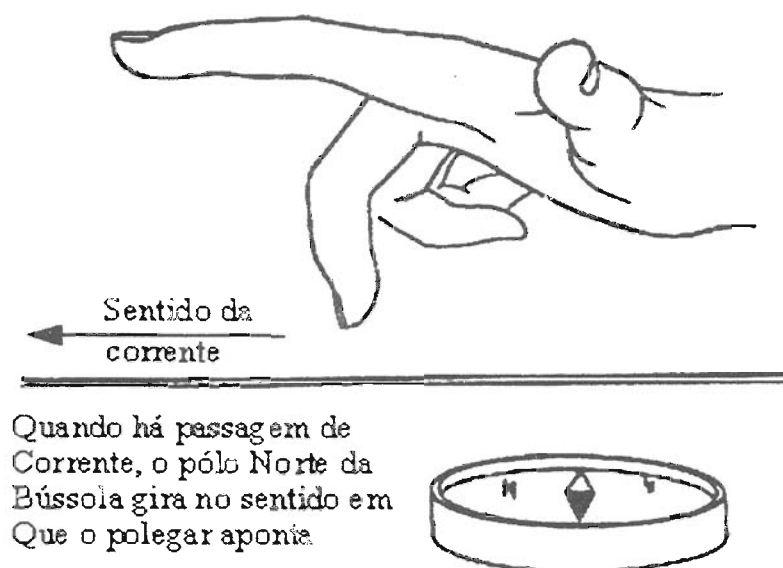


Figura 4.9: Regra da mão direita [5].

QUESTÕES:

- 1) Na experiência ao ligar as extremidades do fio aos pólos de uma pilha, observa-se o desvio da agulha magnética. Qual a conclusão que foi possível tirar dessa observação?
- 2) Se colocarmos a agulha formando um ângulo reto com o fio ocorrerá algum desvio? Por quê?
- 3) O que ocorrerá quando invertemos o sentido da corrente no fio. O desvio da agulha se faz no mesmo sentido do caso anterior?
- 4) Antes de ligar as extremidades do fio na pilha, determine pela regra da mão direita, o sentido de desvio da agulha.

- 1) Ao passar corrente elétrica no fio a bússola irá se desviar devido a um campo magnético criado ao redor do fio.
- 2) Não ocorrerá desvio, pois, o campo magnético gerado pelo fio está na mesma direção e sentido do pólo norte da agulha magnética da bússola como mostrado na figura abaixo:

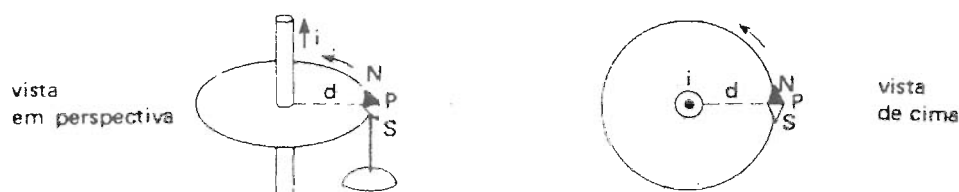


Figura 4.10: A pequena agulha magnética da bússola se dispõe na direção do vetor B em P .
O pólo norte da agulha aponta no sentido de B [6].

- 3) Quando invertermos o sentido da corrente elétrica o campo magnético gerado no fio irá inverter de sentido, logo a agulha irá se desviar em sentido contrário ao anterior.
- 4) A determinação da direção de desvio da agulha da bússola é feita com o auxílio da regra da mão direita, obedecendo-se a seguinte disposição dos dedos: (1) Posiciona-se a ponta do dedo indicador na direção da corrente, (2) o dedo médio posiciona-se perpendicular ao fio, (3) o dedo polegar formando um sistema de coordenadas cartesianas (com os outros dois dedos) aponta o sentido de alinhamento da agulha da bússola, ou seja, o polegar está apontando para norte da bússola.

4.4 CONSTRUA UM ELETROÍMÃ.

OBJETIVO:

Essa experiência tem como objetivo a construção de um eletroímã que nada mais é do que uma bobina (ou solenóide) onde o seu interior possui um núcleo de ferro. Nessa experiência mostraremos que um prego pode ser imantado sob a influência de uma corrente elétrica, tornando-se um ímã artificial, quando essa experiência foi realizada em sala de aula, vários aparelhos (telefone, campainha, relógio-despertador, ventilador, liquidificador e etc) foram abertos para mostrar a bobina ou eletroímã em seu interior.

Material Necessário:

- 1) Pregos (com pelo menos 7,5 centímetros);
- 2) Fio de cobre (0,5 a 1 mm de diâmetro) isolado ou esmaltado com 3 metros;
- 3) Pilha grande de 6 volts ou bateria pequena de 9 volts;
- 4) Prendedores de papel, percevejos e alfinetes.

A construção de um eletroímã é muito simples, deixe uma sobra de trinta e poucos centímetros no início do fio e comece a enrolá-lo em torno do prego, começando por qualquer uma das extremidades. Enrole camada sobre camada, sempre na mesma direção, até sobra apenas trinta e poucos centímetros de fio. Seria interessante que depois disto você prendesse o enrolamento com uma fita gomada para que ele não se soltasse. Desencape ambas as extremidades do fio e ligue uma delas a um dos terminais da bateria.

Segure o eletroímã sobre uma pequena pilha de alfinetes ou percevejos e encoste a outra extremidade do fio rapidamente no outro terminal da bateria. No mesmo instante, os alfinetes ou percevejos saltarão em direção a uma das extremidades do prego, que estará agindo como um ímã. Solte o fio do terminal da bateria e eles tornarão a cair, demonstrando que o prego só age como ímã quando o fio que o circunda é atravessado por uma corrente elétrica, como sabemos a passagem da corrente por um fio produz um campo magnético, ao enrolarmos o fio em torno do prego (ou de um pedaço de ferro) o campo magnético magnetiza o ferro e altera a posição de suas moléculas, alinhando-as na mesma direção.

Entretanto, quando a corrente é desligada e o campo magnético desaparece, as moléculas do ferro retornam à sua distribuição aleatória e o pedaço de ferro perde quase todo o seu magnetismo, restando apenas o que chamamos de magnetismo residual.



Figura 4. 11: Esquema de um eletroímã [5].

Os eletroímãs são ímãs temporários que podem ser ligados e desligados com facilidade e a sua força é em função do número de voltas do fio e da corrente disponível. Será possível provar isso dobrando ou reduzindo à metade o número de voltas e testando a força do eletroímã através da observação de quantos alfinetes ele consegue levantar. Coloque, também, duas ou mais baterias em série para alimentá-lo e repare como ele fica muito mais forte.

SUGESTÃO AO PROFESSOR: Na sala de Aula foi aberta uma campanha como a da figura 4.13, mostrando o eletroímã no seu interior, nessa parte foram feitas perguntas para o aluno sobre o funcionamento da campanha e sua relação com a experiência acima para a verificação se houve aprendizagem significativa sobre o conceito de campo magnético.

Existem vários tipos de campanha e o aluno pode construir uma usando fio de cobre 26 enrolado em um prego grande. Além disso, é necessário fixar no prego uma tira de lata, dobrada, a campanha montada terá o aspecto da figura 4.12b.

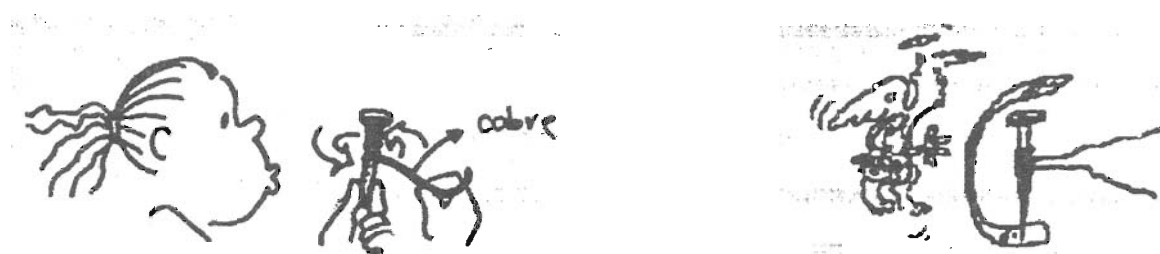


Figura 4.12: Esquema de construção de uma campainha [7].

Conectando os terminais da bobina a duas pilhas ligadas em série, podemos colocar a campainha em funcionamento. Peça ao aluno para observar o que acontece e verifique se ele entendeu corretamente o conceito de eletroímã, tirando suas possíveis dúvidas sobre o assunto.

A montagem realizada assemelha-se a da campainha do tipo cigarra, que é de mais simples construção. Ela é constituída por uma **bobina** contendo um pedaço de ferro no seu interior. Esse conjunto é o eletroímã propriamente dito.

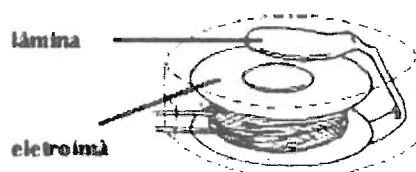


Figura 4.13: Campainha tipo Cigarra [7].

Explicação esperada por parte do aluno: Próximo ao eletroímã existe uma lâmina de ferro, que é atraída quando existe uma corrente elétrica na bobina. Essa atração acontece porque a corrente elétrica na bobina cria um campo magnético na região próxima e imanta o ferro transformando-o em um ímã. Essa imantação existe apenas enquanto houver corrente elétrica na bobina.

QUESTÕES:

- 1) Explique porque um simples prego pode ser transformado num eletroímã.
- 2) Qual será o comportamento de um eletroímã ao ser suspenso por um fio? Faça uma analogia com a bússola.
- 3) Um eletroímã (ligado) afetaria a direção de uma bússola?
- 4) Cite aplicações práticas para os eletroímãs.

- 1) O campo produzido pelo fio enrolado no prego (solenóide) em que circula uma corrente elétrica gerada pela pilha, essa corrente gera um campo magnético que passa no interior do prego (Fe) que concentra as linhas de campo magnético devido a sua maior permeabilidade magnética em comparação com a do ar (μ_0), desta forma este campo alinha os dipolos magnéticos do material podendo gerar um ímã permanente dependendo do tempo de exposição a este campo.
- 2) O eletroímã irá se alinhar com o campo magnético terrestre, fazendo o mesmo papel da agulha imantada da bússola.
- 3) Sim, dependendo da sua distância e intensidade poderá desviar a agulha imantada da bússola.
- 4) Campainha elétrica, telefone, guindaste eletromagnético (utilizado para içar sucata e peças de ferro) e comandos elétricos para acionamento de máquinas elétricas (contatores).

4.5 O MERGULHADOR MÁGICO

OBJETIVO:

Essa experiência tem como objetivo mostrar o poder de penetração de um campo magnético através de um objeto (tubo de ensaio), bem como exemplificar o conceito de força magnética, além de relembrar aos alunos o conceito de empuxo.

Material Necessário:

- 1) Copo estreito, tubo de ensaio estreito ou qualquer recipiente plástico estreito (4 cm a 6 cm de diâmetro).
- 2) Pedaco pequeno de cortiça, em forma de rolha (2,5 cm altura e 2 cm de diâmetro)
- 3) Prego pequeno (7cm)
- 4) Fio de cobre isolado (1 mm de diâmetro) com 7 metros
- 5) Bateria grande de 6 volts.(tipo bateria 941-High Power)

Esta pequena experiência é interessantíssima e não exige muitos materiais nem grandes preparações, mas ilustra de forma curiosa alguns efeitos eletromagnéticos.

Desencape uma extremidade do fio, deixando uma folga de 60 centímetros nessa extremidade e dê 30 voltas de fio em torno do recipiente usado, desencape a extremidade do fio e páre a uns 60 centímetros do fim. Torça o fio umas duas ou três vezes para que o enrolamento fique no lugar e cubra-o com um pouco de cola para que fique preso ao centro do recipiente. Depois, arranje ou faça algum apoio para que o recipiente fique de pé. Uma forma será abrir um buraco redondo num pedaço de madeira para que o recipiente se encaixe.

Agora encha o recipiente de água até uns 2,5 centímetros acima do alto da bobina. Enfie o prego num pedaço de rolha que entre no recipiente e ajuste essa pequena “peça”, de modo que ela flutue rente à superfície da água. Aqui você vai ter que trabalhar um pouco. Para início de conversa, a rolha terá que ter um tamanho suficiente para boiar mesmo com o prego espetado. Vá cortando a rolha aos poucos até que ela fique boiando no ponto exato.

Ligue um dos fios com firmeza a um dos terminais da bateria e depois encoste o outro fio no outro terminal da bateria. Fique de olho! Assim que o segundo fio for ligado, a rolha e o prego mergulharão, e assim permaneceram submersos enquanto o fio permanecer ligado à

bateria. Quando você desligar o fio, eles voltarão à tona e ficarão boiando, até que o fio seja

ligado outra vez.

Não ligue o fio à bateria durante muito tempo (apenas alguns segundos) porque isto exigiria muito dela e poderia descarregá-la.

De que forma funciona o nosso pequeno “mergulhador”? Já demonstramos na experiência anterior que ao passar por uma bobina, a corrente elétrica cria um campo magnético dentro dela. Ao percorrer a bobina a corrente elétrica criou um campo magnético muito forte que atravessou o recipiente e a água.

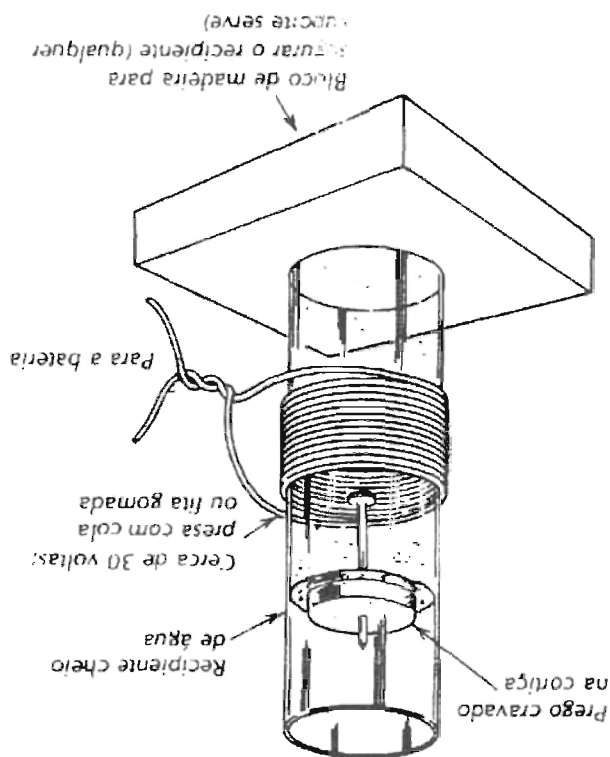


Figura 4.14: Mergulhador mágico [5].

Esse campo magnético atraiu o prego e fez com que o “mergulhador” fosse em sentido ao interior da bobina. Durante todo o tempo em que a corrente é mantida, o campo permanece e por isso o “mergulhador” permanece submerso no interior da bobina. Quando retiramos o fio do terminal da bateria, o campo magnético desapareceu e o “mergulhador” voltou à tona.

QUESTÕES:

- 1) Se o tubo de ensaio fosse muito largo, o mergulhador iria descer? Explique.
- 2) Qual é a direção e sentido da força magnética (F_m) gerado pela bobina no prego?
- 3) Explique porque o mergulhador desce, baseado nos conceitos de empuxo e de força magnética.

GABARITO DO PROFESSOR

- 1) Com a bateria proposta na experiência (6 volts) o “mergulhador” não irá descer, pois o campo magnético diminui com o raio da bobina ($B = N \cdot \mu \cdot i / 2r$), logo não teria intensidade suficiente para fazer o mergulhador descer, porém se aumentarmos a corrente (com outra bateria) que passa no fio seria possível o mergulhador descer.
- 2) A bobina ao redor do recipiente, irá criar um campo magnético na direção do prego (eixo y), ao qual irá orientar os ímãs elementares do prego, transformando-o em um pequeno ímã (imantação), desse modo o pólo norte (ou sul) magnético do prego imantado será atraído pelo pólo sul (ou norte) magnético da bobina.
- 3) O mergulhador irá descer quando a força magnética somada com a força peso tiver uma intensidade maior que o empuxo do líquido sobre o prego.

5 TEORIA DO ELETROMAGNETISMO

5.1 CONCEITOS TEÓRICOS

O nome **magnetismo** vem de Magnésia, pequena região da Ásia Menor onde foi encontrado em abundância um mineral de óxido de ferro (Fe_3O_4) que possuía naturalmente propriedades magnéticas, este mineral foi chamado de **magnetita**, constituindo um **ímã natural**.

Atualmente, são mais utilizados os **ímãs artificiais**, cujas aplicações tecnológicas são apresentadas na parte introdutória do presente trabalho, estes ímãs são obtidos a partir de certos processos denominados imantação (Vide experiência número 4 - **CONSTRUA UM ELETROÍMÃ**).

As propriedades magnéticas peculiares dos ímãs são apresentadas pela presença de pólos e a sua inseparabilidade como explicado abaixo.

Quando se coloca um ímã em contato com fragmentos (limalha) de ferro, nota-se que eles aderem ao ímã não em toda sua extensão, mas apenas em certas regiões onde os efeitos magnéticos se apresentam de forma mais intensa, chamaremos essas regiões de pólos, todos os ímãs possuem dois pólos.

Suspendendo-se um ímã pelo centro de gravidade, ele se orienta aproximadamente na direção Norte-Sul geográfica do lugar (Figura 5.1). A região do ímã voltada para o pólo norte geográfico é o pólo norte (N) do ímã e a outra é o pólo sul (S).

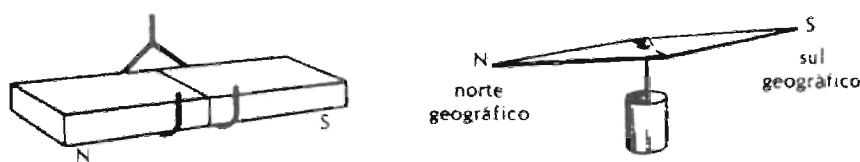


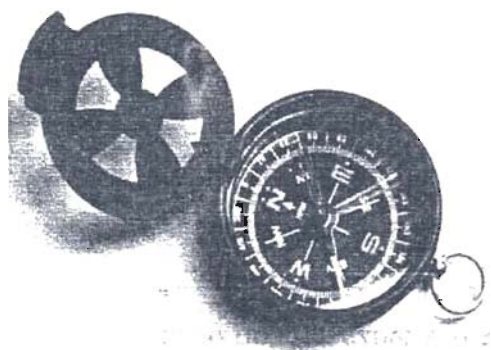
Figura 5.1: Ímãs em forma de barra e agulha magnética, podendo girar livremente, orientam-se, aproximadamente, na direção norte-sul do lugar [8].

5.2 CRIAÇÃO DA BÚSSOLA

No século III a.C., na China, os “adivinhadores do futuro” usavam um aparelho cujo aperfeiçoamento resultou na invenção da bússola. Inicialmente esse aparelho era composto de duas placas redondas, uma superior e outra inferior: a superior, representando o céu, girava

sobre a inferior, que representava a Terra. O adivinhador colocava objetos simbólicos sobre a placa superior e lia então o futuro, baseado na posição que cada objeto ocupava após o giro da placa. Um desses objetos simbólicos tinha a forma de colher.

Por volta do século I d.C., os chineses que já conheciam a **magnetita** passaram a confeccionar



com esse minério alguns objetos simbólicos da placa de adivinhação, inclusive um que tinha forma de colher. Este logo substituiu a placa superior e também os outros objetos, passando a girar sozinho e apoiado no centro da placa inferior. Como o cabo dessa colher apontava sempre para a mesma direção – o Sul – os próprios “adivinhos” ficaram convencidos de que se tratava de um objeto mágico.

Figura 5.2: Bússola [9].

Com o tempo, a colher passou a ser confeccionada em madeira tendo um pedaço de magnetita em seu interior. Depois, perdendo o revestimento em forma de colher, o pedaço de magnetita em formato de agulha, passou a ser usado diretamente sobre a placa, num modelo já bem próximo ao da bússola que conhecemos – uma das extremidades da agulha para o Sul e, conseqüentemente, a outra apontava para o Norte.

A aplicação desse aparelho logo deixou de ser exclusividade dos mágicos. Usado primeiro na construção de edifícios, por volta do século X ganhou os pontos cardeais e uma escala graduada, passando a ser adotado para a orientação dos navios chineses, cem anos antes de sua adoção pelos países ocidentais. A bússola que nada mais é do que um ímã orientado no campo magnético da Terra permitiu uma melhora na capacidade de orientação na superfície da Terra e que foi de grande valia nas navegações.

Observação ao aluno:

1º) O pólo norte da agulha magnética da bússola é sempre pintado, geralmente da cor vermelha.

2º) Observa-se que ao aproximar objetos metálicos ou um ímã perto de uma bússola, haverá uma mudança na direção de sua agulha imantada, alterando sua posição inicial para se alinhar ao campo magnético detectado (caso este seja maior que o campo magnético terrestre, figura 5.3).

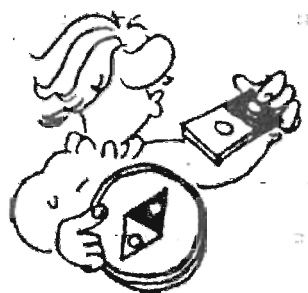


Figura 5.3: Bússola sendo influenciada por campo magnético na sua proximidade [7].

5.3 INSEPARABILIDADE DOS PÓLOS DE UM ÍMÃ

Cortando um ímã em duas partes iguais que por sua vez podem ser redivididas em outras tantas (Figura 5.4). Observa-se, então que cada uma destas partes constitui um novo ímã que, embora menor, tem sempre dois pólos. É possível continuar esse processo de divisão, até que se obtenham moléculas de magnetita, no caso de um ímã natural. Essas moléculas têm as propriedades de um ímã com dois pólos (ímãs moleculares).

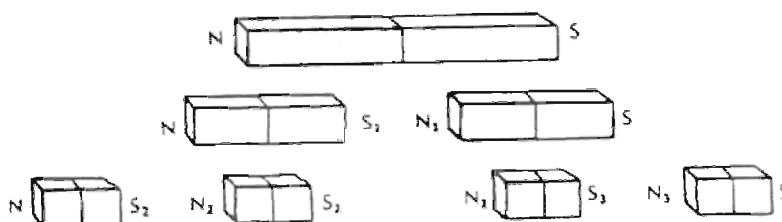


Figura 5. 4: Os pólos de um ímã são inseparáveis [8].

5.4 CAMPO MAGNÉTICO CRIADO POR CORRENTES ELÉTRICAS

Somente no início do século XIX descobriu-se a relação existente entre os fenômenos elétricos e magnéticos.

Experimentalmente, em 1820, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted, verificou que a corrente elétrica cria ao seu redor um campo magnético, estas experiências foram estudadas e explicadas por outros cientistas como Biot, Savart e, sobretudo, Ampère.

A descoberta da pilha, por Alessandro Volta, possibilitou a Oersted montar um circuito parecido com o da figura 5.5, mantendo um trecho do condutor esticado na direção norte – sul, colocado bem próximo e sob esse trecho uma bússola.

Verificou que ao fechar o circuito, a agulha magnética da bússola sofria um desvio permanecia quase perpendicular ao condutor, graças ao aumento da corrente. (figura 5.5b) Verificou ainda que se o sentido da corrente fosse invertido, a agulha também sofria uma inversão em seu sentido (figura 5.5c).

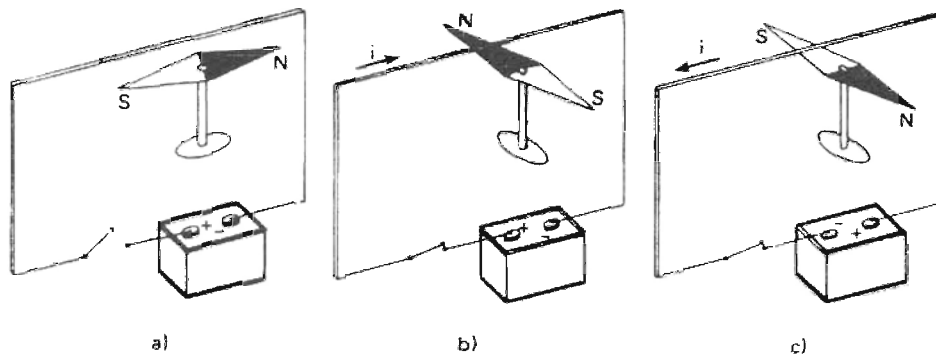


Figura 5.5: Posicionamento da agulha da bússola frente ao efeito de uma corrente na sua proximidade [6].

5a) estando a chave aberta não passa corrente pelo condutor e a agulha não sofre desvio.

5b) ao fecharmos a chave, a agulha sofrerá desvio tendendo a se dispor ortogonalmente ao condutor.

5c) invertendo-se o sentido da corrente, a agulha desvia em sentido contrário.

Da experiência, Hans Christian Oersted conclui que:

Uma corrente elétrica cria ao seu redor um campo magnético.

Pela experiência vimos que a passagem da corrente elétrica por um fio condutor irá produzir fenômenos magnéticos aos quais irão causar o desvio da agulha magnética da bússola, daí concluímos que os fenômenos magnéticos não constituem, portanto, fenômenos isolados, eles têm relação íntima com os fenômenos elétricos.

A determinação da direção de desvio da agulha da bússola é feita com o auxílio da regra da mão direita nº 2, obedecendo-se a seguinte disposição dos dedos: 1º) Posiciona-se a ponta do dedo indicador na direção da corrente, 2º) o dedo médio posiciona-se perpendicular ao fio, 3º) o dedo polegar formando um sistema de coordenadas cartesianas (com os outros dois dedos) aponta a direção de alinhamento da agulha da bússola, ou seja, o polegar esta apontando para norte da bússola. (figura 5.5).

5.5 CAMPO MAGNÉTICO

Em eletrostática, vimos que uma carga elétrica puntiforme fixa origem, no espaço que a envolve, um campo elétrico. A cada ponto P do campo, associou-se um vetor campo elétrico \vec{E} . Analogamente, a cada ponto de um campo magnético, associaremos um vetor \vec{B} , denominado **vetor indução magnética** ou, simplesmente, **vetor campo magnético**.

Genericamente, define-se como campo magnético toda região do espaço em torno de um condutor percorrido por corrente ou em torno de um ímã, neste caso devido a particulares movimentos que os elétrons executam no interior de seus átomos.

Uma agulha magnética, colocada em um ponto desta região, orienta-se na direção do vetor \vec{B} (Figura 5.6), o pólo norte da agulha aponta no sentido de \vec{B} . A agulha magnética serve como elemento de prova da existência do campo magnético num ponto.

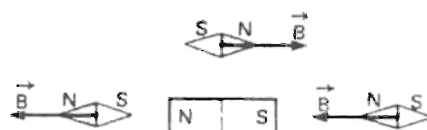


Figura 5.6: A agulha magnética é um elemento de prova do campo magnético em um ponto [6].

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de intensidade do vetor \vec{B} denomina-se tesla (símbolo T).

Se colocarmos fragmentos de ferro em torno de um ímã, notar-se-á que eles se transformam em pequenas bússolas e se orientam formando certas linhas (figura 5.7a). Estas linhas recebem o nome de linhas de indução (figura 5.7b).

As linhas de indução são em cada ponto tangentes ao vetor \vec{B} (figura 5.7c). É costume orientar as linhas de indução no sentido do vetor \vec{B} . Deste modo dizemos que as linhas de indução partem do pólo norte e chegam ao pólo sul (figura 5.7d). Onde as linhas de indução estão mais próximas, o campo magnético é mais intenso. Assim, na figura 5.7d, o vetor indução \vec{B} é mais intenso no ponto A do que o ponto C.

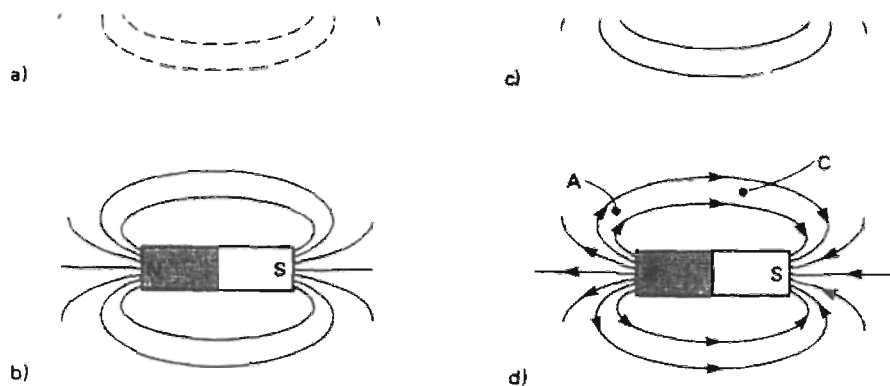


Figura 5.7: linhas de indução de um ímã [6]

Um campo magnético, onde em todos os pontos o vetor indução magnética tem a mesma intensidade, mesma direção e mesmo sentido, é chamado **campo magnético uniforme**. As linhas de indução de um campo magnético uniforme são retas paralelas igualmente orientadas e igualmente espaçadas.

5.6 CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE

Um ímã ao ser suspenso de modo que possa girar livremente irá se orientar sempre de uma maneira perfeitamente determinada, esse comportamento é causado pela existência do campo magnético terrestre, a cada ponto desse campo fica associado um vetor \vec{B}_T .

Na figura 5.8, mostramos as linhas de indução do campo magnético observado nas proximidades da Terra. Essas observações têm sido explicadas com base na idéia de que a Terra é um grande ímã (figura 5.8b), indo as linhas de indução do Sul Geográfico (SG) para o Norte Geográfico (NG).

Assim, deve-se assumir que o ímã Terra tem o pólo sul próximo ao norte geográfico e o pólo norte próximo ao sul geográfico.

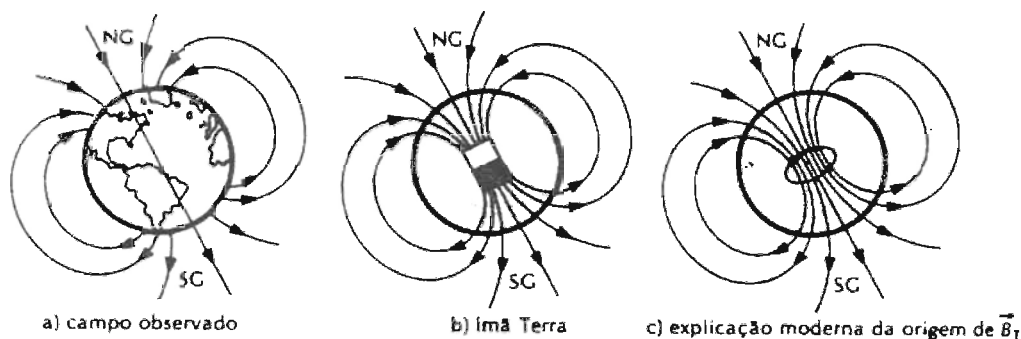


Figura 5.8: campo magnético terrestre [8].

Modernamente, determinações do campo magnético da Terra mostraram que ele é semelhante ao campo magnético originado por uma espira circular percorrida por corrente muito intensa.

Na figura 5.8c, representa-se o equivalente moderno da antiga teoria do “ímã Terra”. O centro dessa espira está a algumas centenas de quilômetros do centro da Terra e pertence a um plano inclinado de 11° em relação ao plano do equador. Com base em pesquisas geológicas, considera-se que a parte central da Terra seja constituída de um núcleo de ferro fundido: correntes elétricas existentes nesse núcleo seriam responsáveis pelo campo magnético terrestre.

O vetor campo \vec{B}_T está sujeito a variações. Uma das causas dessas variações são as correntes elétricas na ionosfera. Além disso, o campo magnético da Terra é violentamente distorcido durante as tempestades magnéticas, supostamente relacionadas com a atividade magnética do Sol.

5.7 CAMPO MAGNÉTICO CRIADO POR UM CONDUTOR RETILÍNEO

O sentido das linhas de campo magnético criado por uma corrente elétrica foi estudado por Ampère, que estabeleceu uma regra para determiná-lo, como *regra da mão direita*, que é enunciada a seguir:

Regra da mão direita nº1: Segure o condutor com a mão direita, envolvendo-o com os dedos e mantendo o polegar apontando no sentido da corrente. O sentido das linhas de campo é dado pela indicação dos dedos que envolvem o condutor.

As linhas de campo são circulares e concêntricas ao fio por onde passa a corrente elétrica e estão contidas num plano perpendicular ao fio (figura 5.9).

A direção do vetor campo magnético \vec{B} é sempre tangente às linhas de campo em cada ponto considerado e sempre no mesmo sentido delas.

Utilizaremos as seguintes representações para os vetores contidos neste trabalho:

⊙ representa um vetor (campo magnético, força e etc.) perpendicular ao plano da folha de papel e orientado para fora, isto é, o vetor está “saindo” do plano do papel.

⊗ representa um vetor (campo magnético, força e etc.) perpendicular ao plano da folha de papel e orientado para dentro, isto é, o vetor está “entrando” no plano do papel.

A intensidade do vetor campo magnético em qualquer ponto do campo é proporcional à intensidade da corrente elétrica que passa pelo fio e inversamente proporcional à distância desse ponto ao fio. Sua expressão é:

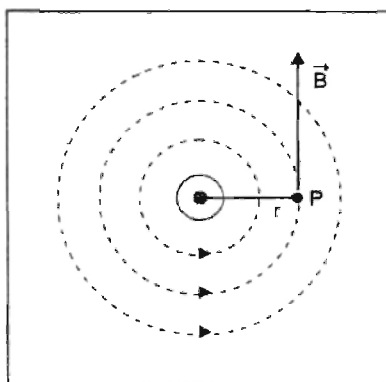


Figura 5.9: Linhas de campo magnético circulares e concêntricas ao fio condutor [10].

$$B = k \cdot \frac{i}{r}$$

Onde k é uma constante de proporcionalidade que depende do meio em que o condutor está imerso, e é dada por:

$$k = \frac{\mu}{2\pi}$$

A expressão final será:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2\pi \cdot r}$$

Lei de Biot e Savart.

onde μ é conhecida como permeabilidade magnética do meio, em particular, para o vácuo temos: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}$ (S.I.), a unidade Tesla (T) se refere a unidade de medida do campo magnético no S.I. (por exemplo, o campo magnético da Terra vale cerca de 10^{-4} T); r representa a distância de um ponto, onde se quer saber o valor de \vec{B} , ao fio na perpendicular (distância mínima entre o fio e o ponto). Deve-se lembrar que \vec{B} é um vetor sendo necessário identificar sua direção e sentido. No caso do fio, uma representação através de linha de campo é constituída de círculos concêntricos ao fio e o sentido é dado pela regra de mão direita, ou seja, o polegar é colocado na direção da corrente e os demais dedos colocados em curva indicam o sentido do campo.

5.8 CAMPO MAGNÉTICO CRIADO POR UMA ESPIRA CIRCULAR

Considere uma espira circular (condutor dobrado segundo uma circunferência) de raio r , percorrida por um corrente i , observamos neste caso o surgimento de um campo magnético no qual as linhas de campo entram por um lado e saem pelo outro lado da espira, então atribui-se a ela um pólo norte, do qual as linhas saem, e um pólo sul, no qual as linhas chegam.

A direção do vetor campo magnético é perpendicular ao plano da espira e o seu sentido pode ser determinado aplicando a regra da mão direita adaptada para esse tipo de condutor: coloca-se o polegar indicando o sentido da corrente, e os outros dedos, com a mão aberta, são colocados no centro da espira – o sentido das linhas de indução corresponde aquele para o qual a mão daria um empurrão (Figura 5.10).

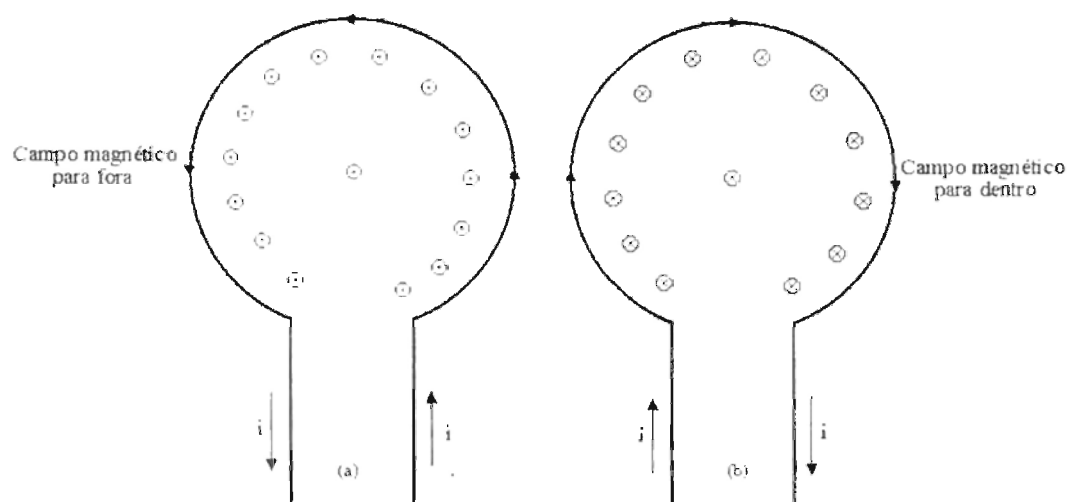


Figura 5. 10: Representação de um campo magnético originado por uma corrente que passa por uma espira no plano do papel [10].

O sentido do campo magnético no centro da espira circular também pode ser determinado pela regra do relógio:

a) - Olhando de frente para a face da espira, se virmos a corrente no sentido anti-horário, temos um pólo norte (campo magnético “saindo”).

b) - Olhando de frente para a face da espira, se a corrente for vista no sentido horário, temos um pólo sul (campo magnético “entrando”).

A intensidade do vetor indução magnética no centro da espira circular de raio r é dada pela equação:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot r}$$

Para N espiras circulares iguais e justapostas (bobina chata) a intensidade do vetor \vec{B} . No centro da espira vale: (a experiência 5.5 – “mergulhador mágico” nada mais é do que uma bobina enrolada em um recipiente plástico cilíndrico).

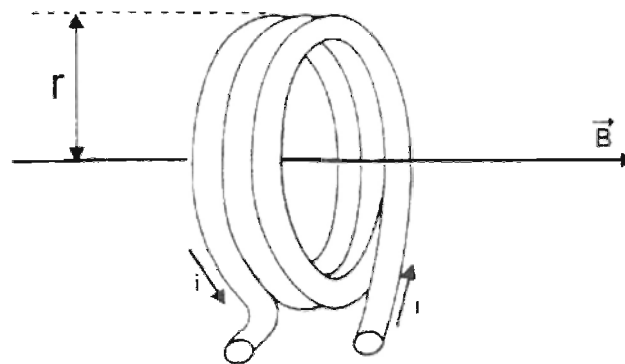


Figura 5.11: ilustração de uma bobina [10].

$$B = N \cdot \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot r}$$

5.9 SOLENÓIDE

Outro exemplo de um campo magnético estudado é aquele produzido por um solenóide (do grego: solen = tubo) ou bobina longa, que é formado por um fio condutor enrolado em torno de um eixo, como resultado tem-se um conjunto de espiras justapostas. O campo magnético no interior de um solenóide longo por onde passa uma corrente i é aproximadamente uniforme e tem intensidade:

$$B = \frac{\mu \cdot N \cdot i}{l}$$

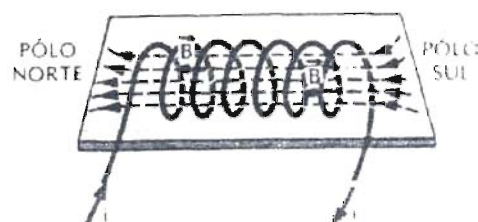


Figura 5.12: Campo magnético de um solenóide [8].

onde: N é o número de espiras e l é o comprimento do solenóide. A direção do campo é paralela ao eixo do solenóide e seu sentido é dado pela regra da mão direita onde o polegar indica o sentido do campo quando os outros dedos são encurvados na direção da corrente elétrica.

5.10 FORÇA MAGNÉTICA

As experiências revelam que uma carga elétrica, quando submetida à ação de um campo magnético, pode sofrer a ação de uma força magnética, também chamada força de Lorentz.

Para determinar as características dessa força, consideremos uma carga elétrica q lançada dentro de um campo magnético uniforme, com velocidade vetorial \vec{v} , formando um ângulo θ com o vetor indução magnética \vec{B} (figura 5.13).

A força magnética \vec{F}_m que age sobre a carga têm as seguintes características:

- Direção: perpendicular ao plano formado pelos vetores \vec{B} e \vec{v} .

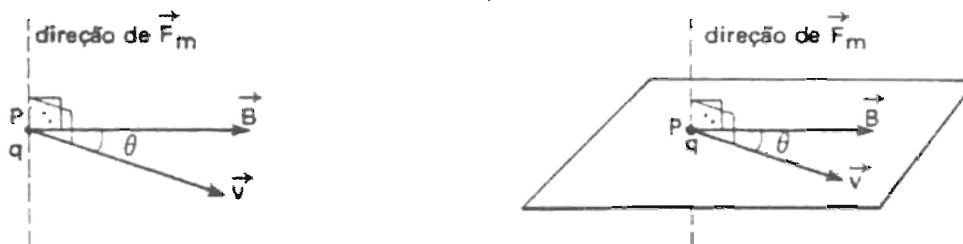


Figura 5.13: F_m é perpendicular ao plano definido pelos vetores v e B [6].

- Sentido: dado pela regra da mão esquerda. Para tanto, disponha os dedos polegar, indicador e médio, conforme a figura 5.14.

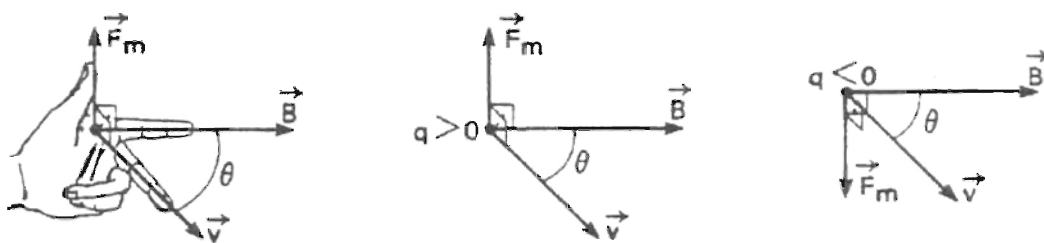


Figura 5.14: regra da mão esquerda [6].

O indicador representa o sentido de \vec{B} , o dedo médio, o sentido de \vec{v} e o polegar representa o sentido de \vec{F}_m .

Se a carga for positiva, o sentido de \vec{F}_m é o indicado na figura 5.14b e, se a carga for negativa, o sentido de \vec{F}_m é o contrário ao dado pela mão esquerda. (figura 5.14c).

Utilizaremos as seguintes representações:

$F_m \odot$ é a força magnética saindo perpendicularmente do papel

$F_m \otimes$ é a força magnética penetrando perpendicularmente no papel

- Intensidade: experimentalmente verificou-se que a intensidade da força magnética é dada pela expressão:

$$F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta$$

Casos Particulares:

1º caso: carga em repouso ($v = 0$)

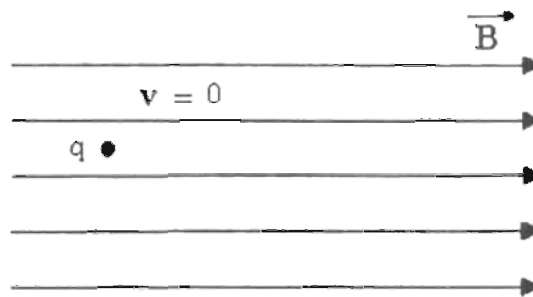


Figura 5. 15: Carga em repouso submetida a um campo magnético uniforme [10].

Neste caso, temos:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta \rightarrow F_m = 0$$

3º caso: as cargas elétricas são lançadas perpendicularmente às linhas de indução do campo magnético.

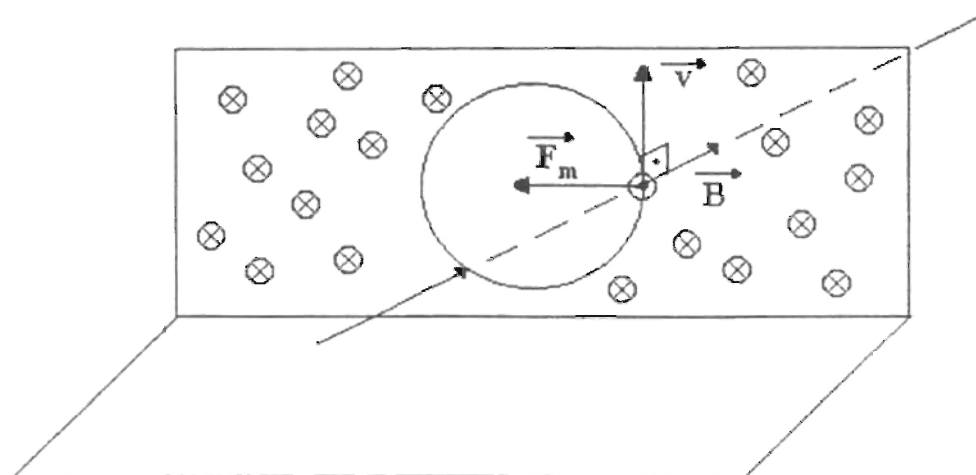


Figura 5. 17: Cargas com velocidade diferente de zero e perpendicular ao campo magnético uniforme [10].

Neste caso temos:

$$\theta = 90^\circ \quad \rightarrow \quad \text{sen } \theta = 1 \text{ (velocidade perpendicular ao campo)}$$

Logo:

$$F_m = q.v.B.\text{sen } \theta \rightarrow \boxed{F_m = q.v.B}$$

Se a força magnética tem intensidade constante e é perpendicular ao vetor velocidade, a carga realiza um movimento circular uniforme (MCU). Portanto, a força magnética faz o papel da força centrípeta que age sobre a carga.

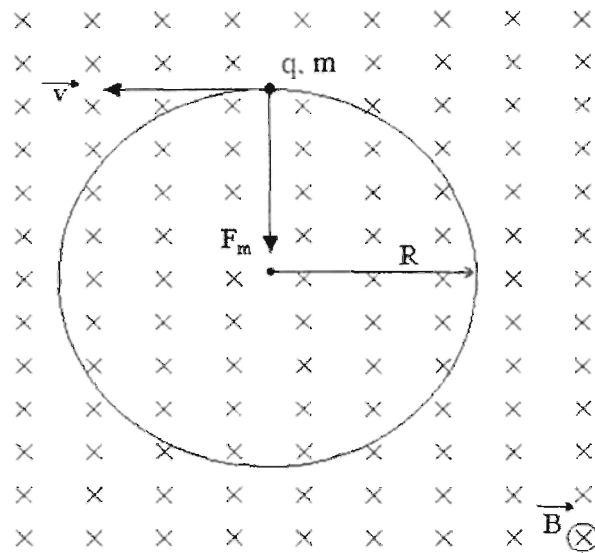


Figura 5.18: Vista em perspectiva com uma carga q com velocidade v está perpendicular com o campo magnético B [9].

Suponha uma carga elétrica q com uma massa m sendo lançada com uma velocidade \vec{v} perpendicularmente a um campo magnético \vec{B} , podemos calcular o raio da trajetória circular da seguinte forma:

5.11 CÁLCULO DO RAIOS R DA CIRCUNFERÊNCIA

Sendo a força magnética uma força centrípeta, podemos escrever:

$$F_m = m \cdot a_{cv} = m \cdot \frac{v^2}{R}$$

$$B \cdot |q| \cdot v = m \cdot \frac{v^2}{R} \quad \therefore \quad \boxed{R = \frac{m \cdot v}{B \cdot |q|}}$$

5.12 CÁLCULO DO PERÍODO (T)

Como a carga elétrica executa um movimento circular uniforme, podemos utilizar a equação da velocidade média $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ e lembrando-se que o período T é o intervalo

de tempo que corresponde a uma volta completa e que o comprimento da circunferência é dado por $2\pi R$, podemos determinar a equação do período, como descrito abaixo:

Pela equação da velocidade média.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T} \quad \rightarrow \quad T = \frac{2\pi}{v} \cdot R$$

Substituindo a expressão do raio R na equação do período, temos:

$$T = \frac{2\pi}{v} \cdot \frac{m \cdot v}{B \cdot |q|}$$

Finalmente encontramos a equação do período:

$$T = \frac{2\pi \cdot m}{B \cdot |q|}$$

Observe que o período T independe da velocidade \vec{v} . Se lançássemos a partícula com velocidade maior, ela descreveria uma circunferência de maior raio R , mas o intervalo de tempo de uma volta completa, isto é, o período, seria o mesmo.

4º caso: a carga elétrica é lançada obliquamente às linhas de indução do campo magnético.

Neste caso, decompõe-se a velocidade \vec{v} numa componente \vec{v}_1 , que tem a mesma direção de \vec{B} , e numa componente \vec{v}_2 , perpendicular a \vec{B} . (Figura 5.19)

A componente \vec{v}_1 ocasiona um movimento retilíneo e a componente \vec{v}_2 um movimento circular uniforme.

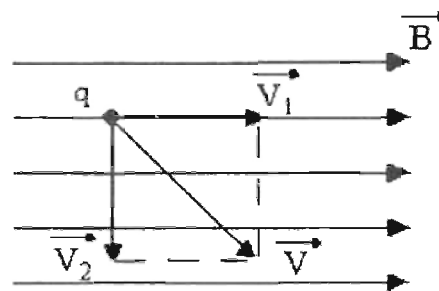


Figura 5.19: Decomposição do vetor velocidade \vec{v} nos eixos de referência [6].

A composição destes dois movimentos é um movimento chamado helicoidal uniforme. A trajetória é chamada de hélice cilíndrica. (Figura 5.20)

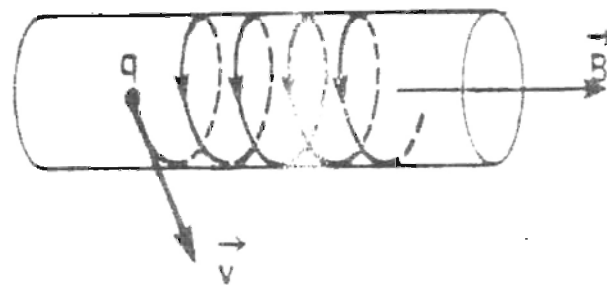


Figura 5.20: Trajetória helicoidal em um lançamento oblíquo de uma carga elétrica [6].

5.13 FORÇA MAGNÉTICA NUM CONDUTOR RETILÍNEO

Um condutor retilíneo, quando atravessado por uma corrente elétrica e submetido a um campo magnético, sofre a ação de uma força magnética. As características de direção e sentido dessa força são as mesmas da força magnética que age sobre cargas elétricas lançadas num campo, isto é:

- Direção: perpendicular ao campo magnético e a corrente elétrica.
- Sentido: dado pela regra da mão esquerda. Para tanto, disponha os dedos da conforme a figura 5.20. O dedo indicador é colocado no sentido de \vec{B} , o dedo médio no sentido de i e o dedo polegar nos dá o sentido de \vec{F}_m .



Figura 5.20: regra da mão esquerda [6].

Para uma carga q lançada num campo magnético, temos:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta$$

Sendo v a velocidade das cargas na corrente elétrica e Δt o tempo gasto para percorrer o trecho de comprimento ℓ , vem:

$$v = \frac{\ell}{\Delta t}$$

Mas $q = i \cdot \Delta t$, logo:

$$F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta \rightarrow F_m = i \cdot \Delta t \cdot \frac{\ell}{\Delta t} \cdot B \cdot \sin \theta$$

$$F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot \sin \theta$$

1º caso: A corrente elétrica i é paralela ao campo magnético.

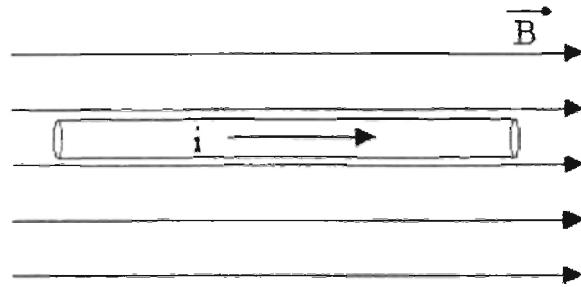


Figura 5.21: fio paralelo ao campo magnético [10].

Pela equação da força magnética para um condutor retilíneo, temos:

$$F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot \sin \theta$$

Como i é paralelo ao campo magnético, teremos $\theta = 0^\circ$ ou $\theta = 180^\circ$, logo $\sin \theta = 0$, acarretando uma força magnética nula.

$$F_m = 0$$

2º caso: A corrente elétrica i é perpendicular ao campo magnético.

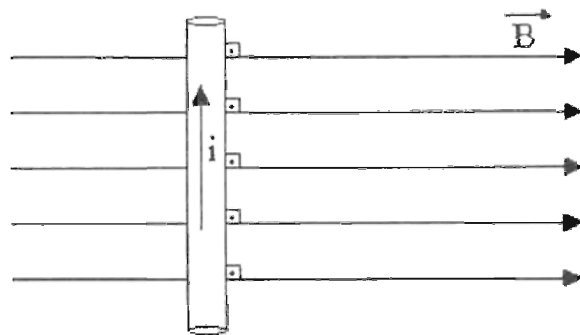


Figura 5. 22: fio perpendicular ao campo magnético [10].

Pela equação da força magnética para um condutor retilíneo, temos:

$$F_m = B \cdot i \cdot \ell \cdot \sin \theta$$

Como i é perpendicular ao campo magnético, teremos $\theta = 90^\circ$, logo $\sin \theta = 1$, chegando na equação abaixo:

$$F_m = B \cdot i \cdot \ell$$

Enfim, para concluirmos a teoria é importante ressaltar que o desenvolvimento do eletromagnetismo revolucionou o modo de vida de toda uma era, tendo esta sofrido tal influência que hoje seria incapaz de pensar o mundo sem a sua existência, encontramos aplicações de todos os tipos para ímãs, eletroímãs e bobinas, o primeiro pode ser encontrado desde simples enfeites de geladeira até sofisticados aparelhos de som, já os eletroímãs e as bobinas são utilizados em campainhas, telefones, aparelhos de telégrafo, relés, alto-falantes, relógios elétricos, ventiladores, batedeiras, computador, geradores, chaves automáticas, disjuntores, contatos elétricos e até guindastes usados para carregar e descarregar ferro, ou seja, o campo magnético é parte importante de uma infinidade de outros aparelhos, dispositivos e máquinas.

6 CONCLUSÃO.

O presente trabalho apresenta uma forma de ensinar conceitos físicos utilizando os conhecimentos prévios dos alunos, baseado na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Um pressuposto dessa abordagem é que utilizando-se os conhecimentos prévios dos aprendizes consegue-se introduzir de maneira mais eficiente novos conceitos que irão interagir com os antigos.

As alterações na estrutura cognitiva dos alunos, se fizeram através de interações com diferentes organizadores prévios que neste trabalho foram: experiências, tópicos de história da física e discussões de exemplos do dia a dia, que foram elementos bastante motivadores durante o processo ensino-aprendizagem.

Os resultados obtidos nos questionários aplicados após o término dessa proposta de ensino, mostraram mudanças conceituais relevantes nos alunos. Tal resultado de certo modo, já atendeu aos objetivos do trabalho mostrando que esse enfoque produziu bastante motivação nos alunos o que contribuiu significativamente para facilitar o processo ensino-aprendizagem.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO SOBRE CONHECIMENTOS PRÉVIOS.

GABARITO DO PROFESSOR

Questão nº 1 – Os ímãs podem atrair pedaços de madeiras? E pregos? E papel?

Os ímãs não podem atrair a madeira e o papel, atraindo somente o prego.

Questão nº 2 – A Terra pode ser considerada como um grande ímã?

A Terra pode ser considerada um grande ímã devido à existência de linhas de campo magnéticas. Atualmente, os geólogos estão relativamente de acordo que o magnetismo da Terra é causado pelo aparecimento de correntes elétricas no interior do globo, criadas pelo atrito interno entre as várias camadas do planeta que se encontram em movimento.

Questão nº 3 – Ímãs se atraem ou se repelem? Por quê?

Os ímãs podem se atrair ou se repelir, dependendo das suas polaridades, pólos iguais se repelem e pólos diferentes se atraem.

Questão nº 4 – Você já ouviu falar em campo magnético? A que você associa?

Sim, associada à região ao redor de um ímã ou associada a passagem de corrente elétrica em um fio.

Questão nº 5 – Um campo magnético pode produzir uma força magnética?

Sim, experimentalmente verificamos que existe a presença de uma força magnética quando cargas elétricas estão em movimento perpendicular à direção do vetor campo magnético.

Questão nº 6 – Imagine-se perdido numa floresta e você dispõe somente de uma bússola. Você saberia usá-la?

Sim, pois a bússola sempre aponta para a direção norte-sul. dessa forma pode-se determinar os quatro pontos cardeais, e através desses pontos e verificando a direção do caminho da ida, pode-se determinar a direção do caminho para fora da floresta.

Questão nº 7 – Cite materiais (ou equipamentos) que apresentem campo magnético?

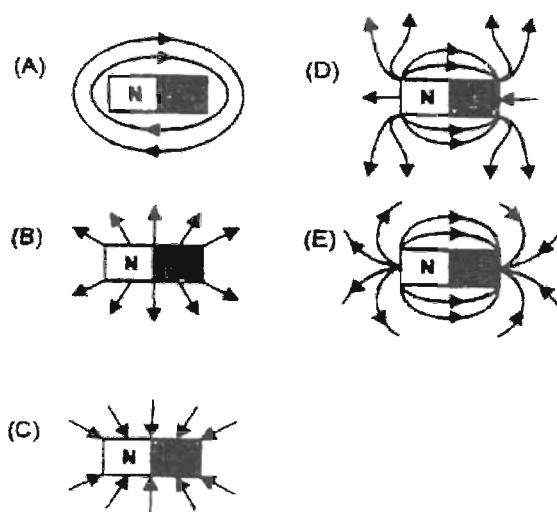
Ímãs, bússolas, computadores, telefones, campainhas, aparelhos de som, aparelhos de telégrafo, relés, alto-falantes, relógios elétricos, ventiladores, batedeiras, geradores, chaves automáticas, disjuntores, guindastes, etc.

APÊNDICE B

QUESTÕES DE VESTIBULARES

Nessa parte do trabalho de uma lista de 65 exercícios aplicados em sala de aula, foram selecionados alguns exercícios de vestibulares, cuja teoria ou enunciado se assemelham as experiências apresentadas no trabalho (experiências 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5), a colocação desses exercícios visaram motivar o aluno à prestar mais atenção nas experiências e visualizar uma aplicação direta na prova de vestibular.

Questão nº 1 (UFF) – Assinale a opção em que as linhas de indução do campo magnético de um ímã estão mais bem representadas.[11]



Gabarito: Letra E

Questão nº 02 (U.F. Santa Maria – RS) - Considere as afirmações a seguir, a respeito de ímãs. [12]

- I. Convencionou-se que o pólo norte de um ímã é aquela extremidade que, quando o ímã pode girar livremente, a ponta para o norte geográfico da Terra.
- II. Pólos magnéticos de mesmo nome se repelem e pólos magnéticos de nomes contrários se atraem.
- III. Quando se quebra ao meio um ímã em forma de barra, obtém-se dois novos ímãs, cada um com apenas um pólo magnético.

Está (ão) correta(s):

- a) Apenas I
- b) Apenas II
- c) Apenas III
- d) Apenas I e II
- e) Apenas II e III

Gabarito: Letra D

Questão nº 03 (U.F. Ouro Preto – MG) – Como sabemos, uma agulha magnética (bússola) se orienta numa direção preferencial sobre a superfície da Terra. Na tentativa de explicar tal fenômeno o cientista inglês W. Gilbert apresentou a seguinte idéia: “[...] a orientação da agulha magnética se deve ao fato da Terra de comportar com um grande imã. Segundo Gilbert, o pólo norte geográfico da Terra seria também um pólo magnético que atrai a extremidade norte da agulha magnética”. Em vista da explicação apresentada, é correto afirmar que as linhas de indução do campo magnético da Terra se orientam externamente no sentido:[12]

- a) Leste – Oeste
- b) Sul – Norte
- c) Oeste – Leste
- d) Norte – Sul
- e) Para o centro da Terra.

Gabarito: Letra B

Questão nº 04 (UNEB – BA) – A Terra produz um campo magnético responsável pela orientação pela bússola assume em cada ponto da superfície terrestre. De acordo com a teoria mais aceita atualmente, o campo magnético referido acima:[12]

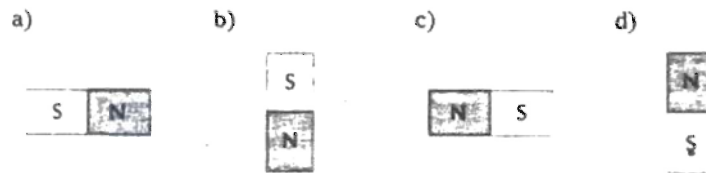
- a) Possui um pólo sul magnético que coincide com o pólo sul geográfico da Terra.
- b) É representado por linhas de indução que se interceptam perpendicularmente.
- c) Ocorre devido às propriedades ferromagnéticas das substâncias que compõem o núcleo da Terra.
- d) É gerado por correntes elétricas existentes nas camadas líquidas do núcleo terrestre.
- e) Não sofre influência do vento solar.

Gabarito: Letra D

Questão n° 05 (UEPA) - As linhas de indução de um campo magnético uniforme são mostradas abaixo: [12]

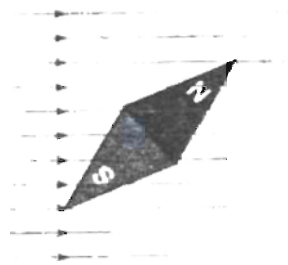


Designando por N o pólo norte e por S o pólo sul de um ímã colocado no mesmo plano da figura, é possível concluir que o ímã permanecerá em equilíbrio estável se estiver na seguinte posição:

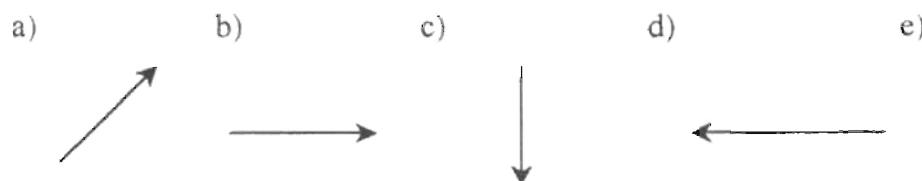


Gabarito: Letra A

Questão n° 06 (UE. Londrina – PR) - A agulha de uma bússola assume a posição indicada no esquema quando colocada numa região onde existe, além do campo magnético terrestre um campo magnético uniforme e horizontal. [12]

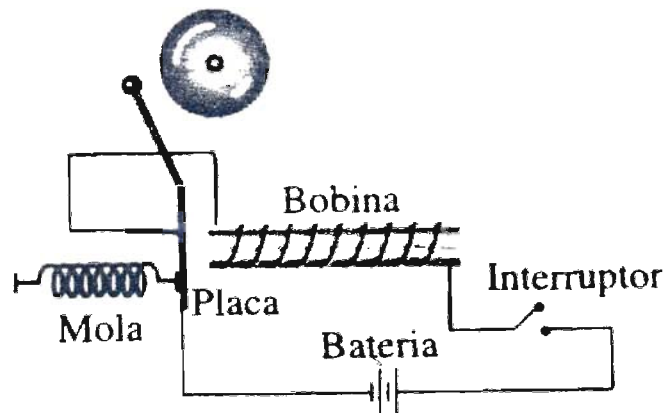


Considerando uniforme a posição das linhas de campo desenhadas no esquema, o vetor campo magnético terrestre na região pode ser indicado pelo vetor



Gabarito: Letra E

Questão nº 07 (U.F. Viçosa – MG) – A figura representa uma campainha de corrente contínua e seu respectivo circuito.[12]



As afirmativas a seguir referem-se ao que ocorre quando o interruptor é acionado.

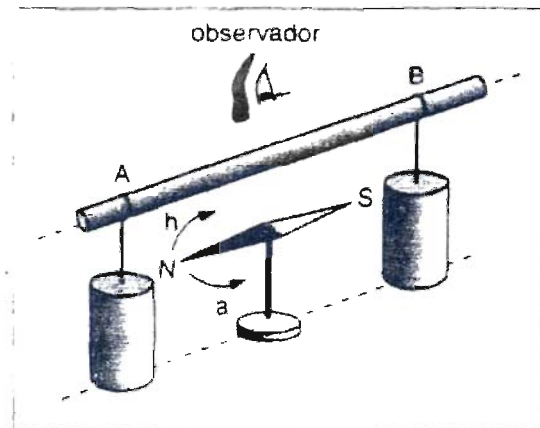
- I. Uma extremidade da bobina fica carregada positivamente, atraindo a placa.
- II. A corrente elétrica gera um campo magnético na bobina, que atrai a placa.
- III. A corrente elétrica gera um campo magnético na bobina e outra na placa, que se atraem mutuamente.

Em relação às afirmativas acima assinale a opção correta:

- a) Todas são verdadeiras
- b) Apenas a I é verdadeira
- c) Apenas a III é verdadeira
- d) Apenas a II é verdadeira
- e) Nenhuma é verdadeira.

Gabarito: Letra D

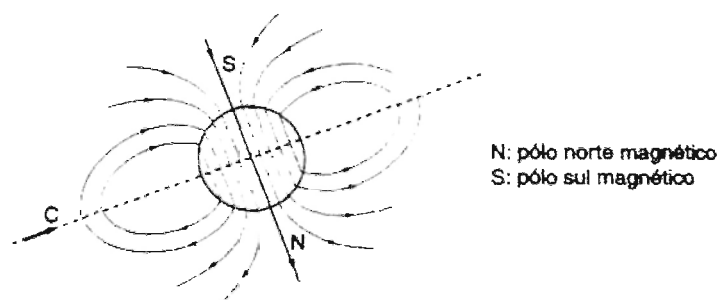
Questão nº 8 (FATEC – SP) – O esquema representa o experimento de Oersted. Enquanto não passar corrente pelo condutor metálico AB, o eixo magnético NS da agulha magnética é paralelo a AB. Faz-se passar corrente elétrica i dirigida de A para B. O observador vê a montagem de cima para baixo.[10]



- a) No condutor metálico fluem elétrons de A para B.
- b) No condutor metálico fluem elétrons de B para A.
- c) O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido anti-horário (seta a).
- d) O observador vê a agulha magnética desviar-se em sentido horário (seta h).
- e) n.d.a

Gabarito: Letra D

Questão nº 9 (UFF-RJ) - Sabe-se que as linhas de indução magnética terrestre são representadas, aproximadamente, como a figura. [13]



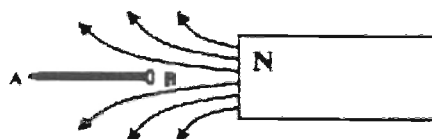
Partículas positivamente carregadas dos raios cósmicos aproximam-se da Terra com velocidades muito altas, vindas do espaço em todas as direções. Considere uma dessas partículas aproximando-se da Terra na direção do seu centro, ao longo do Caminho C (ver a figura).

Pode-se afirmar que essa partícula, ao entrar no campo magnético da Terra:

- a) Será defletida para baixo, no plano da página.
- b) Será defletida perpendicularmente à página, afastando-se do leitor.
- c) Não será defletida pelo campo.
- d) Será defletida para cima, no plano da página.
- e) Será defletida perpendicularmente à página, aproximando-se do leitor.

Gabarito: Letra E

Questão nº 10 – O prego de ferro AB, inicialmente não imantado, é aproximado do pólo norte N de um ímã, como mostra a figura abaixo [14].



A respeito desta situação, são feitas três afirmações:

- I. O campo magnético do ímã magnetiza o prego.
- II. Em A se forma um pólo norte e em B um pólo sul.
- III. O ímã atrai o prego.

Destas afirmações, está (estão) correta (s):

- a) Apenas a I
- b) Apenas a III
- c) Apenas a I e a II
- d) Apenas a II e a III
- e) I, II e III

Gabarito: Letra E

REFERÊNCIAS

- [1] – **MEC**, *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*, 1999.
- [2] – **COLL**, Salvatore, César et alii, *Psicologia do Ensino*, capítulo 11, Atmed, 2000
- [3] – **MOREIRA**, Marco A. *Uma Abordagem Cognitivista do Ensino de Física*. Editora da Universidade de Porto Alegre, 1983.
- [4] – **MAGALHÃES**, Murilo de F. & **SANTOS**, Wilma M. S. & **DIAS**, Penha M. C. *Uma Proposta para Ensinar os Conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física*. Rio de Janeiro, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol 24, 2002, 489-496, 2002.
- [5] – **GRAF**, Rudolf. *Experiências Elétricas*. Trad. Fernando B. Ximenes. Rio de Janeiro, editora Ediouro, 1981.
- [6] – **CALÇADA**, Caio Sérgio. & **SAMPAIO**, José Luiz. *Física Clássica*. São Paulo, editora Atual, 1985.
- [7] – **GREF**, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. *Física*. São Paulo, editora Edusp, 2000.
- [8] – **JÚNIOR**, Francisco Ramalho. & **FERRARO**, Nicolau Gilberto. & **SOARES**, Paulo Antônio de Toledo. *Os Fundamentos de Física*. São Paulo, editora Moderna, 1988.
- [9] – **PARANÁ**, Djalma Nunes da Silva. *Física*. São Paulo, editora Ática, 1999.
- [10] – **BONJORNIO**, José Roberto. & **BONJORNIO**, Regina Azenha. & **BONJORNIO**, Valter. & **RAMOS**, Clinton Márcico. *Temas de Física*. São Paulo, editora FTD, 1997.
- [11] – **SOUZA**, Nelson Lima de. *Física para o Vestibular*. Rio de Janeiro, editora Grafemar.
- [12] – **CARRON**, Wilson. & **GUIMARÃES**, Osvaldo. *As Faces da Física*. São Paulo, editora Moderna, 2002.
- [13] – **FERRARO**, Nicolau Gilberto. & **SOARES**, Paulo Antônio de Toledo. *Física Básica*. São Paulo, editora Atual, 1998.
- [14] – **SANTOS**, Walter da Silva. *Física na Prática*. Rio de Janeiro, 2000.